

Energieeffektivisering

- En studie om lättbetonghus



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Byggteknik / Bygghälsa**

Examensarbete:
Jimmy Tran
Modi Nezami

© Copyright Jimmy Tran, Modi Nezami

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2010

Sammanfattning

Energieffektivisering

- En studie om lättbetonghus

Under de senaste åren har det gjorts ett flertal olika studier och utredningar som tydligt gjort att 40 % av den totala energianvändningen i Sverige används till uppvärmning, varmvatten, hushålls- och fastighets el i byggnader.

Genom att bygga energieffektiva hus sänks energibehovet vilket påverkar både miljön och ekonomin positivt. Energinbehovet i en byggnad kan sänkas på många olika sätt, frågan är att väga kostnaderna mot besparningarna och nyttan med ett energieffektivt hus utan att byggnadens funktion och egenskaper försämras.

Begreppet effektiv energianvändning ligger i att förbruka så lite energi som möjligt för de energikrävande funktioner, miljöer och hjälpmedel som används för vår tillvaro och verksamhet.

Den genomtänkta strategin för energieffektivisering är värmeisolering, grunden till åtgärderna för reduktion av energislöseri.

Med tanke på dagens syn på miljön så är det viktigt att isolera ordentligt vid nybyggnation och renovering. Även om isoleringstjockleken är betydligt mer i förhållande till BBR:s isoleringskrav så är det en mycket lönsam åtgärd. Skillnaden i kostnaden kan ses som en billig försäkring mot vad som kan ske i framtiden.

Vid inköp av energikrävande produkter är det viktigt att titta på underhållskostnader och energikostnader och inte bara på vilken produkt som är billigast. Ofta är det energikostnaderna under produktens livstid som påverkar totalkostnaden mest och inte investeringskostnaderna.

Nyckelord: Energieffektivisering, energianvändning, isolering, lättbetong, LCC.

Abstract

Energy efficiency

- A study about autoclaved aerated concrete

In recent years there have been several studies and investigations that have shown that 40% of the total energy use in Sweden is used for heating, hot water and electricity in buildings.

Building houses that are more energy efficient, you reduce the energy use which positively affects the environment and the economy. Energy for heating in a building can be lowered in many ways. The issue is to weigh the costs against the savings and benefits of an energy efficient house without functions and properties of the building deteriorate.

The concept of energy efficiency is that we should consume as little energy as possible for the energy consuming functions, environments and tools used for our existence and activities.

The well thought strategy for energy efficiency is insulation, the foundation for measures to reduce energy waste.

Given the current view to the environment it is important to properly isolate new constructions and renovations of buildings. Even if the isolation is thicker compared to BBR's isolation requirements the measure is very profitable. The difference in cost can be seen as a cheap insurance against what can happen in the future.

When purchasing energy consuming products it's important to look at the maintenance costs and the energy costs, and not only the cheapest product. The total cost is often more affected by the energy cost during its lifetime and not only the investment costs.

Keywords: Energy efficiency, energy use, insulation, autoclaved aerated concrete, LCC.

Förord

Föreliggande examensarbete har gjorts vid högskoleingenjörsutbildningen inom Byggt teknik med arkitektur på Lunds tekniska högskola, Campus Helsingborg. Examensarbetet har uppstått genom ett stort intresse för energieffektivisering av byggnader.

Vi hoppas på att ni som läsare kan ta del av arbetet och bidra till en högre kompetens på hur och varför energieffektivisering av en byggnad är viktigt. Det är en bra väg att påverka miljön positivt samtidigt som pengar sparas genom att förbruka mindre energi.

Författarna vill framför allt tacka varandra för ett bra samarbete och en mycket god jobbinsats genom hela projektet. Även ett stort tack till Lars Sentler, professor vid LTH som har fungerat som en bra rådgivare och handledare.

Helsingborg, Maj 2010

Jimmy Tran, Modi Nezami

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Metod	3
1.4 Avgränsningar	3
2 Energieffektivisering	4
2.1 Energieffektiviseringsåtgärder	4
2.2 Energibehov	5
3 Faktorer som bestämmer energianvändningen	7
3.1 Klimatskal för hus	7
3.2 Värmeisolering	8
3.2.1 Hur mycket isolering behövs?	8
3.2.2 Tilläggsisolering	9
3.2.2.1 <i>Utvändig isolering av yttervägg</i>	9
3.2.2.2 <i>Invändig isolering av yttervägg</i>	10
3.2.2.3 <i>Tilläggsisolering av vind</i>	10
3.3 Installationer	11
3.3.1 Ventilation	11
3.3.1.1 <i>Självdraagsystem</i>	11
3.3.1.2 <i>Hybridventilation</i>	12
3.3.1.3 <i>Mekanisk ventilation</i>	12
3.3.1.4 <i>Värmeväxlare i ventilationssystem</i>	13
3.3.2 Värmesystem	14
3.4 Energibalans	15
3.4.1 Delposter för energibalans	15
3.4.1.1 <i>Energiförluster</i>	15
3.4.1.2 <i>Energitillskott</i>	17
3.4.2 Köldbryggor.....	17
3.4.3 Luftläckage.....	18
3.4.4 Värmelagring.....	19
4 Boverkets byggregler	21
4.1 Energihushållningsregler	21
5 Lättbetong	23
5.1 Historia	23
5.2 Tillverkningsprocess	23
5.3 Tekniska egenskaper	24
6 Ekonomi	25
6.1 Ekonomisk isolering	25
6.1.1 BK-metoden	25

6.1.2 Lönsamhet	26
6.2 LCC	26
6.2.1 Nuvärdesmetoden	28
6.2.2 Teknisk och ekonomisk indata för en LCC-beräkning.....	29
7 Beräkning.....	30
7.1 Metod 1	30
7.2 Metod 2	30
7.3 Metod 3	35
8 Köldbryggor.....	36
8.1 Metod 1	37
8.2 Metod 2	37
8.3 Metod 3	38
9 LCC Beräkning	38
10 Resultat och analys.....	40
10.1 Analys ur ett energiperspektiv.....	40
10.2 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv.....	40
10.3 Analys av köldbryggor	40
11 Slutsats	41
12 Källförteckning	42
12.1 Internet.....	42
12.2 Litteratur	43
13 Bilagor.....	45
13.1 Bilaga BBR 16.	45
13.2 Bilaga Kostnadsberäkning.....	47
13.3 Bilaga Energiberäkning 1	48
13.4 Bilaga Energiberäkning 2.....	54
13.5 Bilaga Energiberäkning 3	59

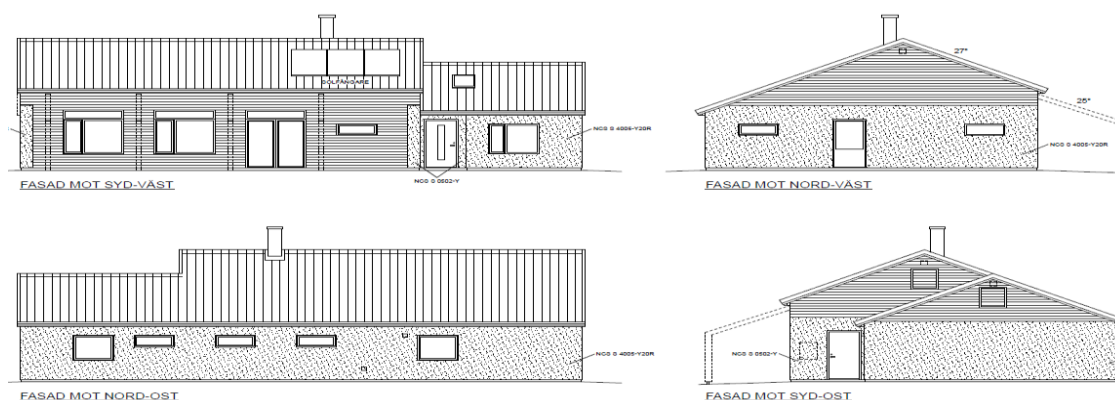
1 Inledning

1.1 Bakgrund

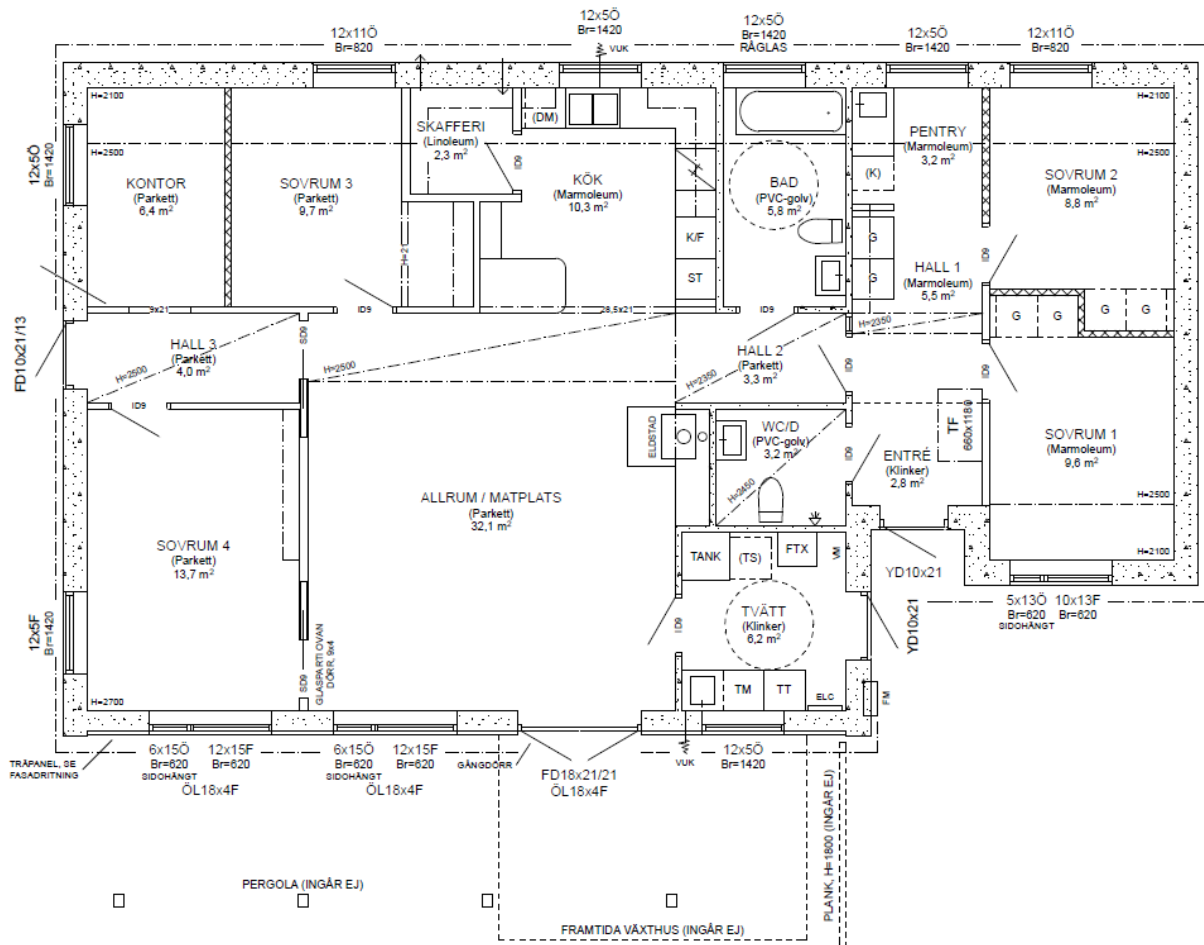
Under de senaste åren har miljön hamnat allt mer i fokus. För att nå en hållbar utveckling måste lösningar och åtgärder vidtas för att påverka miljön positivt. En stor del av hur energiförbrukning används har med miljöpåverkan att göra, ju mindre energi som produceras leder till en bättre miljövänlighet. Den energi som en byggnad behöver under brukstiden för värme och elektrisk energi utgör en dominerande del av den totala miljöpåverkan som byggnaden svarar för.

Genom att bygga energieffektivare hus sänks energibehovet vilket påverkar både miljön och ekonomin positivt. Energiförbrukningen i en byggnad kan sänkas på många olika sätt, frågan är att väga kostnaderna mot besparningarna och nyttan med ett energieffektivt hus utan att byggnadens funktion och egenskaper försämras.

Under 2009/2010 byggs Villa Trift 3.0, det är ett 1-planshus med en boyta på 132m² som består av 6 rum och kök. Husets stomme består av stående lättbetongelement på en isolerad betongplatta på mark. Hjärtat i huset är tekniktanken som laddas med värme från solfångarna på taket och från den vattenmantlade kaminen. Ventilationen i huset drivs mekaniskt med till- och frånluftsfläktar i ett FTX-aggregat dvs. ett system som kontinuerligt ventilerar och värmer uteluften till alla rum med roterande värmeväxlare. Värmeväxlarens uppgift är att överföra värmen från den varma frånluften till den kalla uteluften. Taket består av fackverksstolar och vindsbjälklag av trä med lösullsisolering.



Figur 1. Fasadritningar. (Källa: Pecan studio)



Figur 2. Planritning. (Källa: Pecan studio)

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att utgå från beställarens indata och analysera, räkna fram ett energisnålt och ekonomiskt lönsamt förslag på konstruktion för lättbetongstommen i Villa Trift. Arbetet kommer att fokuseras på hur husets energianvändning kan förbättras genom att endast påverka stommens konstruktion. För att veta vilket alternativ som är mest ekonomiskt lönsam så gör vi en LCC-kalkyl för respektive metod.

Examensarbetet har grundat sig i följande frågeställningar:

- Behövs isolering i stommen? Varför?
- Hur påverkar väggkonstruktionen energianvändningen?
- Vilken är den mest lönsamma åtgärden för stommen?

1.3 Metod

Alla energiberäkningar som kommer att redovisas är utförda i ett energiprogram som heter VIP Energy. För att komma fram till vilken metod som är mest energieffektiv och ekonomisk lönsam görs även konstruktion, energi- och LCC beräkningar. Utifrån energi- och LCC beräkningarna jämförs de olika metoderna för att få fram det bästa resultatet för Villa Trift. Övriga fakta som används kommer att hämtas från litteraturer och pålitliga internetkällor.

1.4 Avgränsningar

Hela examensarbetet kommer att begränsas till Villa Trift. Villa Trift är en nybyggnation som redan uppfyller boverkets energikrav, dock anser författarna att husets totala energianvändning kan förbättras genom att påverka stommens konstruktion. Eftersom fokuseringen är på stommen innebär det att övriga indata från beställaren kommer att vara oförändrade i energi- och ekonomiberäkningarna.

2 Energieffektivisering

Vid diskussioner är det inte ovanligt att olika begrepp för effektivare energianvändning blandas ihop. Enligt Energimyndigheten innebär energieffektivisering:

”Att genom minskad energiförbrukning få ut samma nytta som tidigare, Att för samma energianvändning få ut större nytta än tidigare, eller Att för en ökad energianvändning få ut en relativt sett större nytta.”

Energieffektivisering kan anges i olika enheter, men huvudprincipen är Wh per nettoenhet. Vanliga nettoenheter kan vara m², m³, kg etc. Kort sagt syftar energieffektivisering till att undvika onödig energianvändning (Abel & Ekberg, 2002). Byggnaders energianvändning definieras ur BBR 16, avsnitt 9:12:

*”Byggnadens energianvändning:
Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras, inräknas även dess energianvändning.”*

Begreppet effektiv energianvändning ligger i att förbruka så lite energi som möjligt för de energikrävande funktioner, miljöer och hjälpmedel som används för tillvaron och verksamheten. Detta gäller speciellt byggnadssektorn där det under de senaste 20 åren skett en betydande utveckling när det gäller minskning av energibehov. Den utvecklingen sker idag både genom åtgärder i befintliga hus samt genom tillämpning av nya tekniska lösningar i nybyggda hus (Abel & Ekberg, 2002).

2.1 Energieffektiviseringsåtgärder

I samband med reovering av bostäder går det enligt boverket att uppnå en energieffektivisering på 30-40 TWh genom energibesparingsåtgärder till år 2020. För att uppnå målet krävs en kraftfull satsning och att hela den lönsamma effektiviseringspotentialen utnyttjas. Boverket har identifierat några åtgärder för bostäder:

- Tilläggsisolering av väggar och tak bedöms ha en effektiviseringspotential på totalt 8,5 TWh. Åtgärderna är ofta lönsamma om de utförs i samband med fasadrenovering. Endast en

mindre del av denna sparpotential tas till vara i idag, med undantag för vindsisolering som i allmänhet är en lönsam åtgärd som redan genomförts i stora delar av bostadsbeståndet.

- Byten av fönster bedöms ha en effektiviseringspotential på 8,1 TWh beroende på hur höga krav som ställs på energiprestanda. Åtgärden är oftast lönsam om det redan finns ett renoveringsbehov.
- Ytterdörrar. Om hårdare energikrav ställs på ytterdörrar bedöms 0,5 TWh kunna sparas. Åtgärden är lönsam om dörren behöver bytas ut av andra skäl.
- Installationstekniska åtgärder för värme och varmvatten, bl.a. byte av varmvattenarmatur och bättre värmestyrning, beräknas ha en sparpotential på 1,7 TWh förutsatt att de mest energisnåla alternativen på marknaden väljs. Dessa är förhållandevis billiga och kostnadseffektiva som enskilda åtgärder.
- Förbättrad värmestyrning. En förbättrad styrning av byggnaders värmesystem bedöms ha en sparpotential om ca 6,3 TWh. Det handlar t.ex. om injustering, driftövervakning och installationsåtgärder vilka ofta är lönsamma att utföra separat. Den största potentialen finns i de vattenburna uppvärmningssystemen. Åtgärder på klimatskalet minskar dock potentialens storlek. Dessa åtgärder är förhållandevis billiga att genomföra och kommer troligtvis att bli de vanligast förekommande åtgärdsförslagen i energideklarationerna.
- Ventilationstekniska åtgärder kan t.ex. handla om installation av värmeväxlare för återvinning av luftvärme i bostäder med frånluftsventilation eller utbyte av äldre värmeåtervinningsaggregat till mer energieffektiva. Sparpotentialen för dessa åtgärder uppgår till ca 5,3 TWh. För att åtgärderna ska vara lönsamma krävs att klimatskalet är tätt.
- Värmemätning. Individuell mätning och debitering av värme ger en minskad energiförbrukning för uppvärmning på 10–20 procent, vilket motsvarar en energibesparing på totalt 2–4 TWh. Det är dock svårt att debitera de boende rättvist eftersom transmissioner genom väggar och solinstrålning gör mätningarna osäkra.

(Eriksson, 2008)

2.2 Energibehov

Det största energibehovet som en byggnad behöver under sin livstid är för värmeenergin och den elektriska energin för hushållsel, och de svarar för en viktig del av byggnadens livstidskostnad. Byggnadens livstidsenergi påverkar också den totala miljöpåverkan som byggnaden svarar för. Därför är det viktigt att befintliga och nya byggnader som byggs får så lågt energibehov som möjligt. Grunden till minskning av energibehovet i befintliga hus är att de

åtgärder som vidtas och de lösningar som väljs får inte försämra för de som bor eller arbetar i huset. Det är också viktigt att de resurser man använder för energihushållning utnyttjas effektivt. Åtgärder och de tekniska lösningarna får inte leda till att man får problem med i den färdiga byggnaden.

Vid strävan efter ett lågt energibehov krävs en helhetssyn på byggnaden, dess tekniska installationer och vilka verksamheter som skall bedrivas i byggnaden. Först och främst måste man klargöra de krav som byggnaden och dess installationer måste uppfylla oberoende av energibehovet. Byggnadens konstruktionsdetaljer och installationer är normalt huvuddelen för minskning av energibehovet. När det gäller husets verksamheter är det i förstahand de tekniska kraven som måste specificeras om en energieffektivisering skall åstadkommas. För att kunna bedriva de verksamheter huset är avsett för innebär det att verksamhetens krav måste specificeras och behoven kartläggas för (Abel & Ekberg, 2002).

3 Faktorer som bestämmer energianvändningen

Under de senaste åren har det gjorts ett flertal olika studier och utredningar som tydligtgjort att 40 % av den totala energianvändningen i Sverige används till uppvärmning, varmvatten, hushålls- och fastighets el i byggnader.

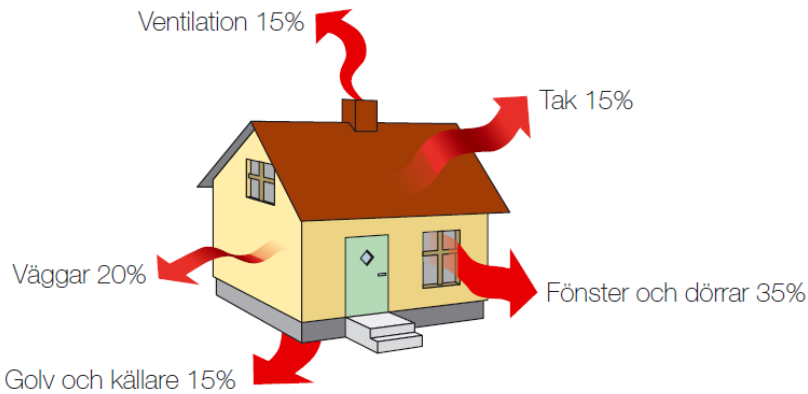
(Elmroth, 2009) Byggnadens energibehov bör begränsas, inte minst ur miljömässiga synpunkter. För att lyckas med det måste de minimikrav som BBR (Boverkets byggregler) ställer på klimatskalet uppfyllas, dvs. krav på värmeisolering och lufttäthet samt på installationer.

Förutsättningarna att bevara en låg energianvändning i driftskedet och under byggnadens livslängd kan tillgodoses genom att välja hållbara material och goda möjligheter att upprätthålla önskat inomhusklimat med valda installationer osv. De personer som ansvarar för driften av fastigheten har stor påverkan på den slutliga energianvändningen. Eftersom uppvärmningsenergin dominerar energianvändningen i brukskedet så har den valda inomhustemperaturen stor betydelse för hur stor energianvändningen kommer att bli. En grad kallare inomhustemperatur sänker energianvändningen för uppvärmning med ca 5 % under uppvärmningssäsongen (Miljömanualen).

3.1 Klimatskal för hus

Husets klimatskal består i stort sett av ett ytterhölje dvs. ytterväggar, golv, tak, ventilation, dörrar och fönster. Alla vill leva i ett hus med god och behaglig inomhusklimat. För att det uppvärmda husets värme skall hållas kvar så länge som möjligt i huset, så måste klimatskalet vara välisolerat. Isoleringens egenskaper bromsar ner värmeflödet genom klimatskalet. Värmeflödet anges med ett U-värde som mäts i watt per kvadratmeter och grad, W/m^2K . Ett bra klimatskal kräver också en bra ventilation med värmeväxlare för att återanvända värmeenergin från frånluften och få ner uppvärmningskostnaderna. Värmeväxlarens uppgift är att återvinna värmen från ventilationens utgående luft. Det är viktigt vid nybyggnation eller renovering att justera om värmesystemet efter husets klimatskal. För att undvika överkapacitet och slitage i värmesystemet så ska isolering ske innan byte av värmesystem. Detta ger möjlighet till val av mindre värmeanläggning som har lägre investeringskostnad och bättre drift.

Förr eller senare kommer den tillförda inomhusvärmen att läcka ut genom klimatskalet, särskilt vid stora temperaturskillnader mellan utomhus- och inomhusklimatet. Orsaken till läckaget är främst köldbryggor och otätheter. Beroende på byggåret och husets planlösning påverkas klimatskalets värmeförluster olika. I genomsnitt försvinner det 15 % värme genom tak, ventilation och golv. Den mest "läckande" delen av klimatskalen är fönster med 35 % värmeförlust (Energimyndigheten 1).



Figur 3. Värmeförluster genom klimatskal. (Källa: Energimyndigheten)

3.2 Värmeisolering

I slutet av 1800-talet började värmeisolering användas i husen, då utnyttjades sågspån och halm som isoleringsmaterial. Det krävs alltid någon form av kris som leder till att teknologin måste utvecklas framåt. Andra världskriget ledde stora resursbrister, det blev rejält märkbart vilka kostnader uppvärmning av hus innebar. Då hade den moderna isolerings historien börjat. Idag är material som mineralull med sina unika egenskaper ett av världens mest använda värmeisoleringsmaterial. Mineralull består av glas- och stenull och tillverkas av mineraliska råvaror (sand och sten) som smälts och spinns till fibrer. Förutom den goda isoleringsförmågan har mineralull andra viktiga egenskaper som brandbeständighet, ruttar inte, absorberar inte vatten och lång livslängd. Under den senaste tiden har det skett ovanligt stora förändringar av klimatet på grund av växthuseffekten. Vad har värmeisolering med klimatpåverkan att göra då? Som det nämndes tidigare så går ca 40 % av Sveriges energiförbrukning till byggnader. Med en genomtänkt strategi där ökad värmeisolering är grunden till åtgärderna går det att reducera energislöseriet som pågår i dagens byggnader (Swedisol 1).

3.2.1 Hur mycket isolering behövs?

Utöver kravet på klimatskalets värmeisolering ställer BBR minimikrav på att begränsa energibehovet i dagens befintliga byggnader. Huvudsyftet är att få en så ekonomiskt lönsam energianvändning som möjligt. Ekonomiskt lönsamt, för vem då? Det finns inga motsättningar som tyder på för vem eller vilka det är lönsamt för. Hade den privatekonomiskt mest lönsamma isoleringstjockleken valts skulle det visa sig vara betydligt större och mer energieffektivare än vad BBR kräver. Livstiden för isolering är 50 år vilket skulle motsvara en tänkt brukstid för en normal byggnad. Eftersom den mest lönsammaste isoleringen beräknas utifrån byggnadens livstid så är 50 år för lite. Därför går det inte att ta reda på hur gammal en isolering kan bli, vilket

gör att den har en obegränsad livslängd i praktiken. Det är en av anledningarna till isoleringen borde vara betydligt mer än vad BBR anger. Vid hänsyn till husets livstid så finns det inte någon mer lönsam energieffektiviseringsåtgärd för en husägare än en kraftig isolering. Med tanke på dagens syn på miljön så är det viktigt att isolera ordentligt vid nybyggnation eller renovering. Även om kostnaden för isoleringen är betydligt mer i förhållande till BBR:s isoleringskrav så är det en mycket lönsam åtgärd. Skillnaden i kostnaden kan ses som en billig försäkring mot vad som kommer att ske i framtiden. Med tanke på dagens stigande energipriser så behövs det inte stora investeringar längre fram för att få en låg energianvändning (Swedisol 2).

3.2.2 Tilläggsisolering

Alla byggnader är i behov av regelbundet underhåll som ökar byggnadens livslängd och på långsikt medför det en god ekonomi. En intressant åtgärd vid renovering av ett nytt eller gammalt hus i energibesparande syfte, och i syfte med att förbättra värmekomforten inomhus kan vara att tilläggsisolera byggnaden. Det innebär att isoleringstjockleken ökar för den byggnadsdel där renoveringen sker genom att tillföra ett tjockare lager. Tilläggsisolering ställer stora krav på varsamhet som medför även risk för fuktskador. För att minimera riskerna krävs att konstruktionen görs lufttät, att tilläggsisolering utförs på rätt sätt och att rätt materialval görs (Ershammar, 2006).

3.2.2.1 Utvändig isolering av yttervägg

Att tilläggsisolera på utsidan medför oftast förändringar som påverkar husets utseende negativt. Dock är utvändig isolering den bästa lösningen ur en tekniskt och energibesparande synpunkt. Några fördelar med tilläggsisolering på utsidan:

- Klimatskalet blir mycket tätare om tilläggsisoleringen utförs korrekt
- Köldbryggor minimeras i väggar och bjälklag
- Transmissionsförluster förminskas
- Ursprungliga väggen blir torrare och det medför ökad värmeisoleringsförmåga.

Förutom att den negativa aspekten på utseendet så finns det också andra nackdelar med utvändigt tilläggsisolering:

- Fönstren kryper in i fasaden
- Väggen blir hängande utanför grunden
- Takfoten blir kortare

(Energimyndigheten 1)

3.2.2.2 Invändig isolering av yttervägg

Det är inte mycket som talar för tilläggsisolering på insidan. Det kan vara aktuellt vid tillfällen då brandmurar mot granntomt inte får överskrida tomtgränsen, eller en ytterfasad av kulturhistoriskt värde. Oftast kan det bli mycket störande med invändig isolering för brukarna då de måste evakuera byggnaden under renoveringen. Andra stora nackdelar med invändig tilläggsisolering är:

- Den befintliga väggen blir kallare vilket kan leda till problem med fukt. Fukt utifrån t.ex. från slagregn torkar inte ut lika snabbt som tidigare av värmetransporten inifrån.
- Frostskador, om den invändiga isoleringen blir tjockare än 45 mm så påverkas inte ytterväggen av värmeflödet från inomhusklimatet. Det innebär att utsidan av väggen blir känsligare för klimatpåfrestningar, speciellt under vintertid.
- För att den invändiga isoleringen skall monteras korrekt måste golvsocklar, fönsteromfattningar, ledningssystem och radiatorer etc. förflyttas.

(Energimyndigheten 1)

3.2.2.3 Tilläggsisolering av vind

Kravmässigt har det skett stora förändringar inom tilläggsisolering för vindsbjälklag. Eftersom tilläggsisolering av vindsbjälkslag är i de flesta fall den mest kostnadseffektiva energisparåtgärden så började det ställas högre krav på tjockleken. I många äldre småhus är isoleringstjockleken på vinden endast 10-15 cm för mineralull och 15-25 cm för sågspån. Idag rekommenderas en total isoleringstjocklek upp till 50 cm med hänsyn till risk för fuktproblem och andra byggtekniskt förutsättningar. Hur stor skillnad utgör isoleringstjockleken? Enligt energimyndigheten:

”Om isoleringens tjocklek ökas från 20 till 50 cm minskar värmeförlusterna genom taket med ungefär två tredjedelar, eller cirka 1200 kWh per år vid en vindsyta på 100 m².”

Hur mycket tilläggsisolering beror också mycket på det framtida energipriset. Tilläggsisolering av vindsbjälklag är den mest effektivaste och enklaste åtgärden som kan göras för att minska klimatskalets energiförluster. Dock måste försiktighet vidtas med att tilläggsisolera på vinden. För att undvika kondens i vinden eller fuktig luft från bostadsutrymmen ska tätningar vid vindsluckor och rör genomföringar vara noga. Det går till exempel inte att

blanda mineralull och sågspån tillsammans, vilket också leder till fruktproblem (Energimyndigheten 1).

3.3 Installationer

Dagens utveckling har gått mot fler och allt mer komplicerade installationer. Målsättningen är att välja installationer som ger ett bra inomhusklimat samtidigt som de verkar på ett energieffektivt sätt. Systemen får inte kräva alltför mycket underhåll och specialkunskaper för att fungera.

3.3.1 Ventilation

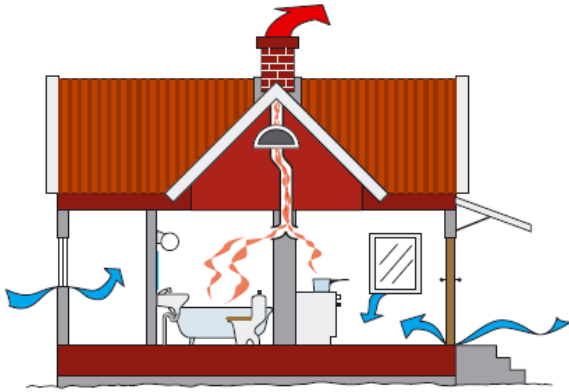
Ventilationen är det installationssystemet som påverkar inomhusklimatet mest. Nya ventilationslösningar kommer i princip vart tionde år, mer effektiva system och nya strategier utvecklas. Att hitta bra ventilationssystem är svårt och måste tänkas igenom ordentligt för att få ett bra inomhusklimat på ett energieffektivt sätt.

Det finns tre grundtekniker som de olika ventilationssystemen bygger på, självdragsystem (naturlig ventilation), mekanisk ventilation (FTX-system) och hybridventilation (frånluftssystem).

Förr bestod ventilationen av rena självdragsystem men de senaste årtiondena har det varit vanligare med helt mekanisk ventilation. De nya ventilationssystemen är kombinationer av självdrag och mekanisk ventilation. Dessa system kallas för fläktförstärkt självdrag, förstärkt självdrag eller hybridventilation (Block & Bokalders, 2009).

3.3.1.1 Självdragsystem

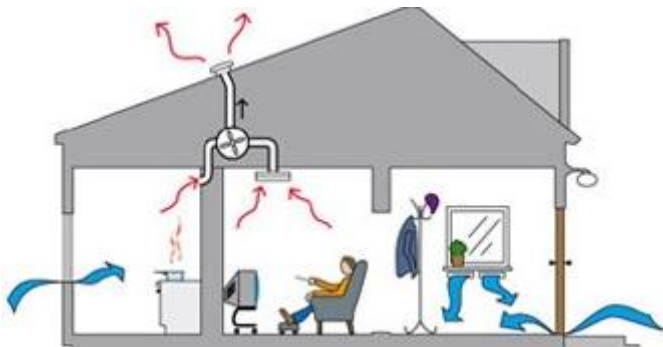
Självdragsystem drivs av vindkrafter och termiska krafter. Vindkrafterna uppstår genom tryckskillnad mellan övertryck och undertryck på husets olika ytor. Då varm luft stiger uppåt och kall luft sjunker nedåt så uppstår det termiska krafter. De termiska krafternas storlek beror på skillnad mellan ute- och innetemperatur och vindkrafternas storlek beror på vindens hastighet. Att bygga ett välfungerande ventilationssystem med självdrag är svårt, det är många faktorer som måste tas till hänsyn. Några faktorer att tänka på är kallras vid ventilationskanaler, hur luften styrs och kommer in i huset och tryckskillnader mellan inomhus och utomhus pga. temperatur- och höjdskillnad. Med en planerad lösning kan behovet av ventilationskanaler minskas och på så sätt leda till ett mindre energibehov (Block & Bokalders, 2009).



Figur 4. Självdragssystem. (Källa: Energimyndigheten)

3.3.1.2 Hybridventilation

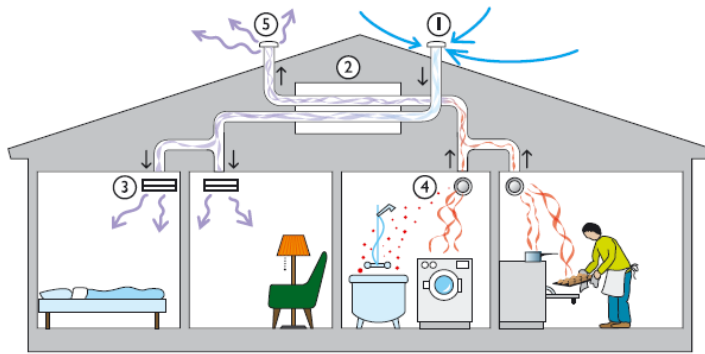
Hybridventilation innebär att ett självdragssystem utrustas med reglerteknik för att få kontroll över ventilationsflödet. Inomhusluften sugs ut av en frånluftsfläkt, tilluften sker via ventiler i ytterväggar och fönster. Detta görs genom att installera in termostater, spjäll eller fläktar till ventilationskanalerna. Regleringen kan ske manuellt t.ex. med ett spjäll, med en ”hemma-borta” knapp (ventilationen minskas med en knapptryckning), eller genom att en fläkt startas för att öka ventilationsflödet (Block & Bokalders, 2009).



Figur 5. Hybridventilation. (Källa: Energimyndigheten)

3.3.1.3 Mekanisk ventilation

Mekanisk ventilation är det vanligaste ventilationssystemet som används idag och kräver mekaniskt arbete vid alla lägen, därav namnet mekanisk ventilation. Mekanisk ventilation arbetar med relativt högt tryckfall, och medger bästa möjlighet för värmeåtervinning (SP). Ett exempel på mekanisk ventilation med värmeåtervinning är FTX-system.



Bilden visar ett FTX-system

1. Frisk uteluft tas in = tilluft.
2. Den kalla tilluften värms med hjälp av den varma rumsluften = frånluft.
3. Uppvärmad tilluft fördelas i huset.
4. Den smutsiga frånluften tas ut från kök och badrum. Ofta finns det en separat kanal från köksfläkten eftersom det annars kan samlas fett i värmeväxlaren, vilket kan vara en brandrisk.
5. Frånluften lämnar sin värme till tilluften i värmeväxlaren och passerar ut.

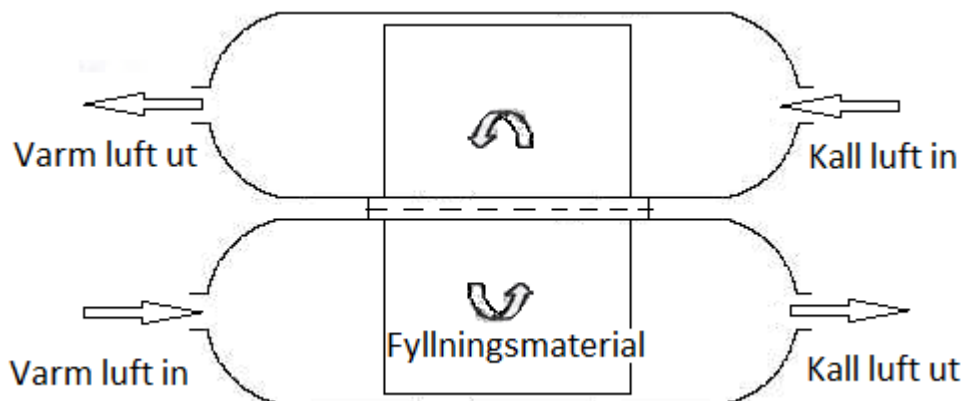
Figur 6. Mekanisk ventilation. (Källa: Energimyndigheten)

3.3.1.4 Värmeväxlare i ventilationssystem

För att använda sig av värmeåtervinning i ventilationssystem behövs en värmeväxlare. Värmeväxlarens uppgift är att överföra värmen från frånluften till den kallare tilluften. Detta är för att återanvända värmeenergin för att få ner uppvärmningskostnader. Med en effektiv värmeåtervinning kan det vara möjligt att minska värmeanvändningen i flerbostadshus med ca 30 kWh/m² år (Elmroth, 2009).

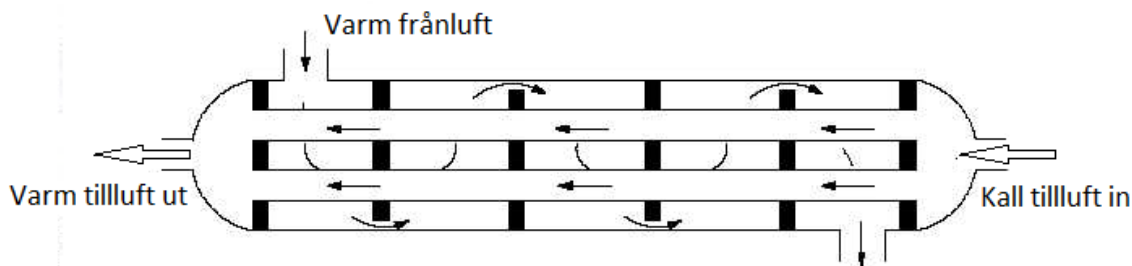
Det finns två huvudtyper av värmeväxlare, regenerativa värmeväxlare och rekuperativa värmeväxlare.

Regenerativa värmeväxlaren fungerar genom att en rotor med fyllningsmaterial roterar i värmeväxlaren. På ena sidan strömmar ett varmt medium som värmer fyllningsmaterialet. På andra sidan strömmar ett kallt medium som värms av det varma fyllningsmaterialet, se figur 7.



Figur 7. Exempel på regenerativ värmeväxlare. (Egen bild)

I den rekuperativa värmeväxlaren strömmar två medier med en avskiljande vägg mellan dem. Det varma mediet värmer upp det kallare mediet genom konvektion och värmeledning (Torvald, 2000), se figur 8.



Figur 8. Exempel på rekuperativ värmeväxlare. (Egen bild)

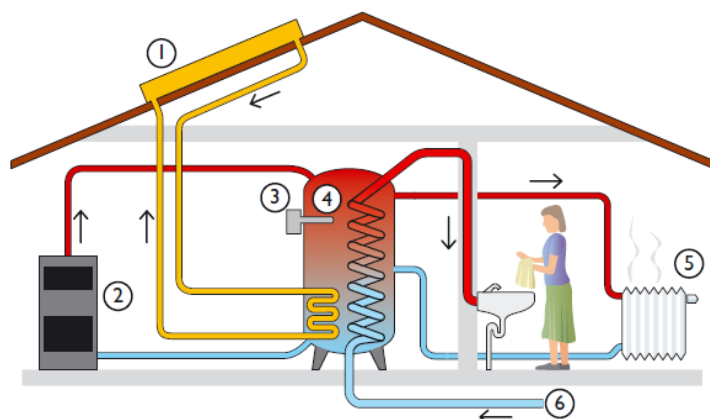
3.3.2 Värmesystem

Under tidiga 1970-talet var oljeberoendet mycket stort i Sverige, i första hand proriterades en minskning av oljeanvändningen efter oljekrisen. I stort sett börjades det att byta värmekälla från olja till el, eluppvärmning av småhus fick mycket stort genomslag under 1970-talet och nästan alla nya småhus värmdes upp med direktverkande el. På senare tid accepterades inte längre en obegränsad elanvändning för uppvärmning av småhus, vilket resulterade att direktelvärmda småhus byggda efter 1984 skulle uppfylla strängare krav på värmehushållning. Under de senaste årtiondena har direktelvärmda hus byggts i mycket liten omfattning. Dock är eluppvärmning fortfarande den dominerande värmningskällan för småhus, men med ett vattenburet distributionssystem, dvs. ett värmesystem där cirkulerande varmt vatten i rör och radiatorer sprider värme i byggnaden. Genom att installera alternativa värmekällor av olika slag har elanvändningen för uppvärmning blivit rimlig (Elmroth, 2009). Det finns många alternativa värmekällor där biobränsle, solvärme, fjärrvärme och värmepump är några av dessa.

Ved, pellets och andra biobränslen räknas som förnybara bränslen där ved är det vanligaste biobränslet som används för småhus. I Sverige värms ca 41 % småhus med endast biobränslen eller el kombinerat med biobränslen. I ett värmesystem där uppvärmningen drivs med biobränsle är det bra att även sätta in en ackumulatortank som värmecentral för husets värme- och varmvattensystem. Ackumulatorns funktion är att lagra värme till ackumulatortanken och sedan leverera värme vid behov. Vattentanken anpassas så att den ska klara ett dygns värmeförsörjning av huset. Genom att kombinera biobränsle och solvärme behöver man inte elda i pannan under sommarhalvåret (Energimyndigheten 2).

Solvärmen kan stå för huvuddelen av en normalfamiljs årliga värme- och varmvattenbehov under 4-6 månader i södra Sverige. Förutsättningen är att det

finns ett vattenburet värmesystem med solfångare (8-12 m²) anslutna till en ackumulatortank (Energimyndigheten 1).



Att kombinera ved- eller pelletseldning med en solfångare är bra eftersom du ofta slipper elda i din panna på sommaren.

Bilden visar en biobränsleanläggning som är kompletterad med en solfångare.

1. Solfångare
2. Panna, pellets eller ved
3. Elpatron
4. Ackumulatortank
5. Radiator
6. Kallvatten in

Figur 9. Vattenburet distributionssystem med kombinerat biobränsle och solvärme. (Källa: Energimyndigheten)

3.4 Energibalans

Ett bra sätt att förstå hur en byggnad fungerar i en energisynpunkt är att studera en energibalans över byggnaden. Energibalansen anger var och hur mycket energi som kommer in och ut genom byggnaden.

3.4.1 Delposter för energibalans

Den energi som försvinner från ett hus går genom golv, tak, väggar, fönster, dörrar, ventilation och avloppsvatten. Dessutom går det åt energi att värma upp friskluft som tas in i huset via ventilationen samt för att värma kallvattnet i vattentanken. Den energi som värmer upp huset kommer från flera olika värmekällor. De tillförs i huvudsak genom husets uppvärmningssystem, men även genom den värme människor alstrar, solvärme och spillvärme från el- och varmvattenanvändning (Block & Bokalders, 2009).

3.4.1.1 Energiförluster

Ventilationen ger stora värmeförluster i ett energisnålt hus. Friskluft som kommer in i byggnaden måste värmas upp och frånluft innehåller stora mängder värme som går förlorad. Mängden förlorad värme beror på hur tätt huset är, hur mycket huset ventileras och om värmeåtervinning från ventilationsluften används.

Fönster är de sämst isolerande delposterna i ett klimatskal och står för den näst största energiförlusten i en byggnad. Hur mycket energi som strömmar ut beror på fönsterytans storlek och dess U-värde.

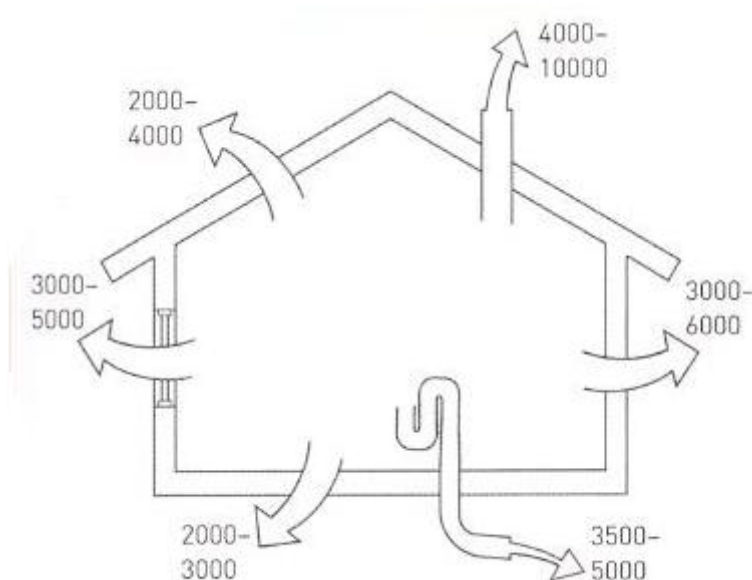
När det gäller taket så täcker den husets största yta, det medför att taket måste isoleras väl pga. värmeförluster genom tak. Orsaken till värmeförlusterna är bl.a. inomhusvärmen som stiger uppåt och att takytan är riktad mot den kalla natthimmeln.

Den näst största ytan som omsluter huset är ytterväggarna, lika väl som taket så bör ytterväggar isoleras för att minska värmeförlusterna. Det är ofta dyrare att tilläggsisolera ytterväggarna eftersom taket och grunden växer med väggjockleken ifall samma boyta vill behållas.

Värmeförluster i grunden beror främst på vilken konstruktion som används. Vid platta på mark utsätts grunden för en relativt konstant temperatur som oftast är varmare än uteluften på vintern, detta pga. temperaturskillnaden i marken och utomhusluften. Plintgrund är ytterligare ett exempel på en grundkonstruktion som bör isoleras med hänsyn till värmeförluster. Plintgrunden består av plintar som håller huset ovanför marken, det innebär att samma krav ställs på bottenbjälklaget som på en ytterväggkonstruktion.

Avloppet ger en värmeförlust men kan genom en enkel värmeväxlare ge tillbaka mycket av värmen som försvinner genom avloppet för att förvärma inkommande vatten.

Kallvatten som tas in i ett hus har oftast en temperatur på ca 8°C , för att värma upp kallvattnet krävs det en uppvärmningsenergi (Block & Bokalders, 2009).



Figur 10. Energiförluster, enhet: kWh/år. (Källa: Block & Bokalders, 2009)

3.4.1.2 Energitillskott

Energitillskott kan tillföras på flera olika sätt, bl.a. genom personvärme, solvärme, drift- och hushållsel, och varmvatten.

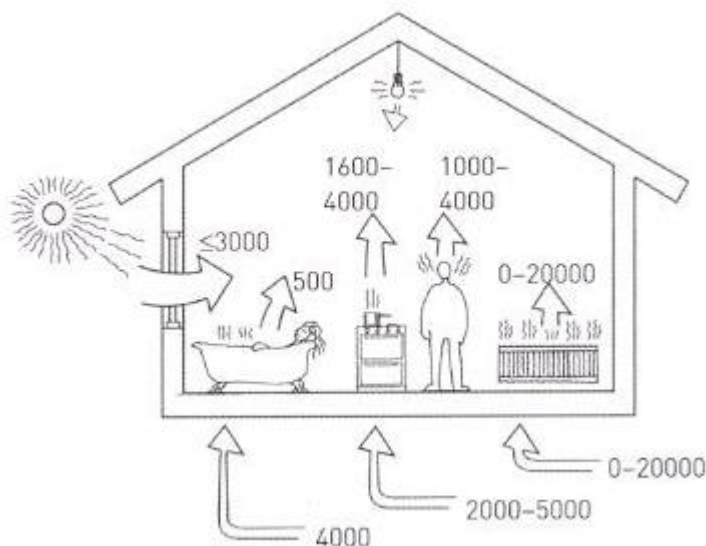
Den personvärme som en människa avger beror på kroppens storlek och ansträngningsnivån. Utgår man från BBR:s personvärmestillskott som tillför ett rum uppgår det till cirka 100 W/person för vuxna och cirka 70 W/person för barn.

Solvärme bidrar till en uppvärmning av byggnaden främst genom södervända fönster. Det går även att installera in solfångare eller solceller för att ta tillvara på solenergin.

Drift- och hushållsel ger en spillvärme som positivt bidrar till uppvärmningen för inomhus klimatet. Storleken på värmestillskottet beror på hur effektiva hushållsapparaterna är.

Kallvatten kräver mycket uppvärmningsenergi, cirka 4000 kWh/år för en normalvilla. Ungefär 500 kWh av energiförlusten kommer tillgodo för uppvärmning av byggnaden.

Det resterande uppvärmningsbehovet skall värmesystemet tillföra. Hur mycket som tillförs beror helt på konsumenten (Block & Bokalders, 2009).



Figur 11. Energitillskott, enhet: kWh/år. (Källa: Block & Bokalders, 2009)

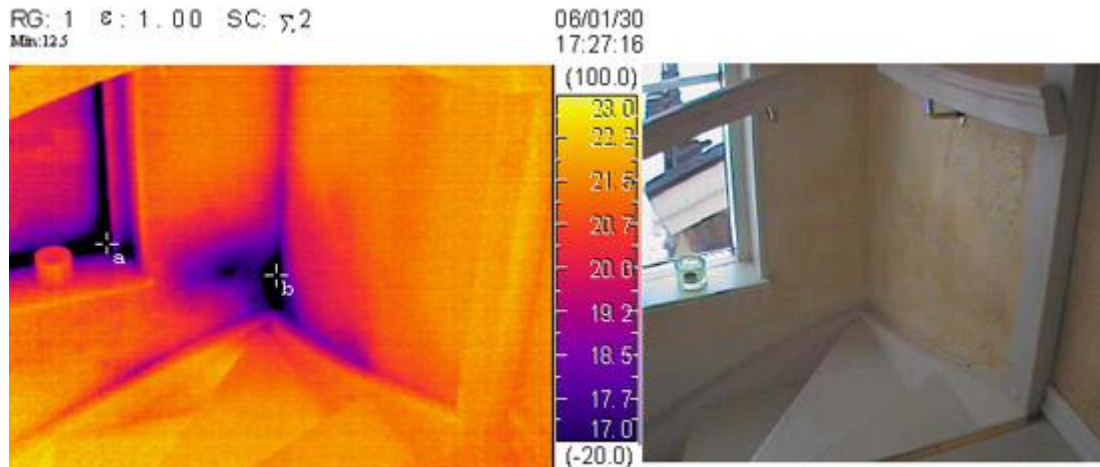
3.4.2 Köldbryggor

Definitionen för en köldbrygga är när ett material med sämre värmeisoleringsförmåga genombryter ett skikt med bättre värmeisoleringsförmåga, vilket orsakar värmetransport i en eller flera riktningar. Exempel på köldbryggor är träreglar mellan isolering i en

ytterväggskonstruktion. Denna köldbrygga är normalt inte stor, men det kan finnas många extra träreglar i en vägg särskilt vid fönster och hörn, då kan den sammanlagda inverkan av dessa köldbryggor bli betydande. I energiberäkningar skall det tas hänsyn till köldbryggors inverkan.

Köldbryggor som kan definieras tillhöra en byggnadskomponent ska normalt inräknas i komponentens U-värde. Träreglar i ytterväggar och träbjälklag i bjälklag är exempel på det. Stålkramlor i murverk som används vid förankring i fasaden kan antingen medräknas i U-värdet eller redovisas som ett separat extra värmefflöde. De så kallade linjära köldbryggor är vanliga vid anslutningar mellan betongbjälklag eller mellanväggar av betong och en yttervägg, anslutningar kring glaspartier och vid anslutning mellan grundkonstruktioner och ytterväggar. Hörn är så kallade geometriska köldbryggor, dessa köldbryggor leder alltid till ökade värmeförluster som krävs beräkning.

Om konstruktionsdetaljer utförs dåligt kan köldbryggornas totala inverkan bli mycket betydande för byggnadens totala transmissionsförluster (Elmroth, 2009). Förutom extra värmeförluster innebär köldbryggorna låga temperaturer på materialets inneryta vilket kan ge upphov till kondens, nedsmutsning eller andra hygieniska olägenheter som följd. Stora temperaturdifferenser vid köldbryggan kan även ge spänningar i konstruktionen vilket i sin tur kan medföra sprickbildning (Berg, 2008).



Figur 12. Exempel på en köldbrygga i ett hörn. (Källa: Energimyndigheten)

3.4.3 Luftläckage

För att bygga ett energisnålt hus räcker det inte med att huset bara är välisolerat. Huset måste även vara lufttätt så att värmen inte läcker ut pga. ofrivillig ventilation. Luftläckage uppstår oftast där olika konstruktioner möts, t.ex. vid fönster, fönsterkarmar eller i skarven mellan byggnadselement (Block & Bokalders, 2009).

Luftläckage genom klimatskalet förekommer i alla typer av byggnadskonstruktioner. Läckaget medför en risk för luftdrag genom

konstruktionen vilket kan alternativt kompenseras med högre värmeförlust för att hålla inomhuskomforten behaglig. I vissa fall kan luftläckaget även medföra risk för fuktskador i klimatskalet, takkonstruktioner är främst utsatta för den typen av risk.

I BBR 16 finns inga kvantitativa krav på husens lufttäthet, dock finns däremot kvalitativa krav i avsnitt 9:21 för bostäder.

9:21 Klimatskärmens lufttäthet

Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att krav på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls.
(BFS 2008:20).

Allmänt råd

Ytterligare regler om klimatskärmens lufttäthet ur fukt- och ventilationssynpunkt framgår av avsnitten 6:255 Täthet och 6:531 Lufttäthet. Regler om täthet mot brandspridning, finns i avsnitt 5 Brandskydd.
(BFS 2008:20).

Figur 13. BBR 16, avsnitt 9:21. (Källa: Elmroth, 2009)

För att uppfylla byggnadens specifika energianvändning och installerade el effekt för uppvärmning skall husets lufttäthet bestämmas tidigt under projektets gång. En fullständig energiberäkning kräver ett värde som måste utgå från schablonvärden på luftläckaget, dock fås det riktiga värdet på luftläckaget efter provtryckningen. I äldre byggregler var kravet på att luftläckningen fick högst vara $0,8 \text{ l/s m}^2$ under 50 Pa tryckskillnad mellan inomhus- och utomhusluften. Vid provtryckning av lufttäthet för nybyggnationer borde det gamla kravet på luftläckning vara ett riktvärde, dock bör ett betydligt mindre luftläckage eftersträvas. Provtryckning är en metod för att ta reda på hur stort luftläckaget är genom klimatskalet.

Ventilationsöppningar tätas och byggnaden utsätts med en tryckskillnad på 50 Pa mellan inomhus- och utomhusluften (Elmroth, 2009). Genom att dividera den omslutande arean (golv, vägg och tak) med luftflödet genom klimatskalet fås ett värde på luftläckaget (Pecan studio). Luftläckning i följd av otätheter är svårt att beräkna då det är osäkert på var otätheter finns eller hur luftrycksförhållandena är vid otätheten.

Beräkning av värmeförluster pga. luftläckage beräknas på samma sätt som för ventilation utan värmeåtervinning (Elmroth, 2009).

3.4.4 Värmelagring

Vid beräkningsmodeller av värmegenomgång (transmissionen) utgås det ifrån att processen är tidsberoende, detta kallas stationärt förhållande. Den värmemängd som stationärt kontinuerligt lämnar byggnaden förutsätter att samma värmemängd kontinuerligt tillförs från uppvärmningskällorna. Men i verkligheten är det normalt varierande utomhustemperatur, växlande solstrålningsintensitet etc. I verkligheten blir värmeströmningen genom byggnadsdelar inte stationärt. Ifall det tillförs mer värme i byggnadsdelarna än

vad de avger under samma tid så magasineras den överskottsvärmen. Detta värmemagasin kallas byggnadens eller byggnadsdelens värmekapacitet och är ett mått på hur stor värmelagring ett material har. Tunga material som t.ex. lättbetong fungerar bättre som värmemagasin än lätta material eftersom de tyngre materialen kan lagra mer värme utan att få för stora temperaturförändringar (Berg, 2008). Enligt Hagentoft, C (2000) går det att utnyttja de tunga byggnadsmaterialens förmåga att lagra överskottsvärme från dag till natt så att värmeförluster genom klimatskal dämpas.

Även byggandens termiska inneklimat kan påverkas positivt. En tung byggnad får mindre temperaturvariationer eftersom uppvärmning och avkylning går långsamt i en tung konstruktion, förutsatt att materialet med hög värmekapacitet ligger på insidan av isoleringen. Hög värmelagringsförmåga leder till att större värmeförsel krävs för att höja temperaturen i byggnaden. En tung konstruktion tar längre tid att värma upp, vilket kan vara en nackdel för byggnader som inte är kontinuerligt uppvärmda. En bra åtgärd är att ha ett lätt material invändigt eftersom det då går snabbare att värma upp byggnaden (Berg, 2008).

4 Boverkets byggregler

Boverket är en myndighet som lyder under regeringen. Deras uppgift är att genomföra de beslut som riksdagen och regeringen har sammanställt. Den senaste upplagan som sammanställts av Boverket är BBR 16 och började gälla februari 2009. I detta direktiv har energihushållningsreglerna omarbetats (Boverket 1). I BBR 16 definieras byggnaders energianvändning enligt följande:

”Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras, inräknas även dess energianvändning.”

Levererad energi (köpt energi) kan vara fjärrvärme eller olja till en panna. Ifall omvandlingsförlusterna för produktion av värme, kyla eller el ligger utanför huset (exempelvis fjärrvärme) kan det byggas mindre energieffektivt än om omvandlingsförlusterna ligger innanför huset (exempelvis pellets). Det är för att omvandlingsförluster som sker utanför systemgränsen inte räknas med i köpt energi.

För byggnader som har el som huvudsaklig värmekälla har det införts strängare krav, vilket leder till att alla eluppvärmda hus måste ha bättre värmeisolering än övriga hus för att uppnå de krav som Boverket har angett (Elmroth, 2009).

4.1 Energihushållningsregler

Boverkets krav på energihushållning i nybyggda hus formuleras enligt BBR 16, avsnitt 9:1 och kan läsas i Bilaga BBR 16.

Kraven ska gälla för alla uppvärmda byggnader som är i bruk under större delen av året. Kraven behöver inte uppfyllas för byggnader med industriella processer som avger så stort värmetillskott så att huvuddelen av värmebehovet täcks.

Boverkets krav på bostäders energihushållning och värmeisolering vid nybyggnad formuleras enligt BBR 16, avsnitt 9:2 och kan läsas i Bilaga BBR 16.

Huvudkravet är att bostäder inte får överskrida det givna värdet för den specifika energianvändningen i den klimatzon de befinner sig i. Verifiering av

att kraven uppfylls ska ske genom beräkning vid projektering och genom mätning i den färdiga byggnaden när den tagits i bruk. Hur stränga kraven är beror på var byggnaden befinner sig, Sverige har delats i tre klimatzoner där zonerna består av:

Klimatzon I: Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län.

Klimatzon II: Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län.

Klimatzon III: Hela södra Sverige på samma sätt som i BBR 12.

Golvarean i utrymmen som är avsedda att värmas upp till mer än 10°C innanför ytterväggarnas insida räknas som byggnadens area, A_{temp} . Även golvarean för innerväggar, schakt och öppningar för trappa räknas med i byggnadsarean. Garage ska dock inte räknas med även ifall den värms upp till mer än 10°C, men energianvändningen i garaget ska tas med i byggnadens energianvändning. Garage med högre än 10°C som inte ligger inom byggnaden ska följa de energikrav som gäller för lokaler.

Egenproducerad energi från solceller och solfångare får tillgodoräknas i energianvändningen, det gäller även om de placeras på tomten eller på uthus. Däremot får inte egenproducerad el från vindkraft tillgodoräknas i byggnadens specifika energianvändning.

Det finns ingen hänvisning om hur beräkningen eller mätningen av den specifika energianvändningen ska gå till i BBR 16. Byggherren eller dennes rådgivare får välja den metod de tycker är lämpligast för att mäta energianvändningen på bästa sätt.

Boverkets krav på klimatskärmens lufttäthet formuleras enligt BBR 16, avsnitt 9:21 och kan läsas i Bilaga BBR 16.

Boverket har inte preciserat några krav på värden för lufttäthet, dock säger de att tätheten måste vara så tät att den specifika energianvändningen och den installerade el effekten för uppvärmning uppfylls. För att uppföra riktigt energieffektiva hus är det nödvändigt att huset har en mycket god lufttäthet. Tätheten säkerhetsställer även att fuktskador inte förekommer och att ventilationssystem ska fungera som de ska (Elmroth, 2009).

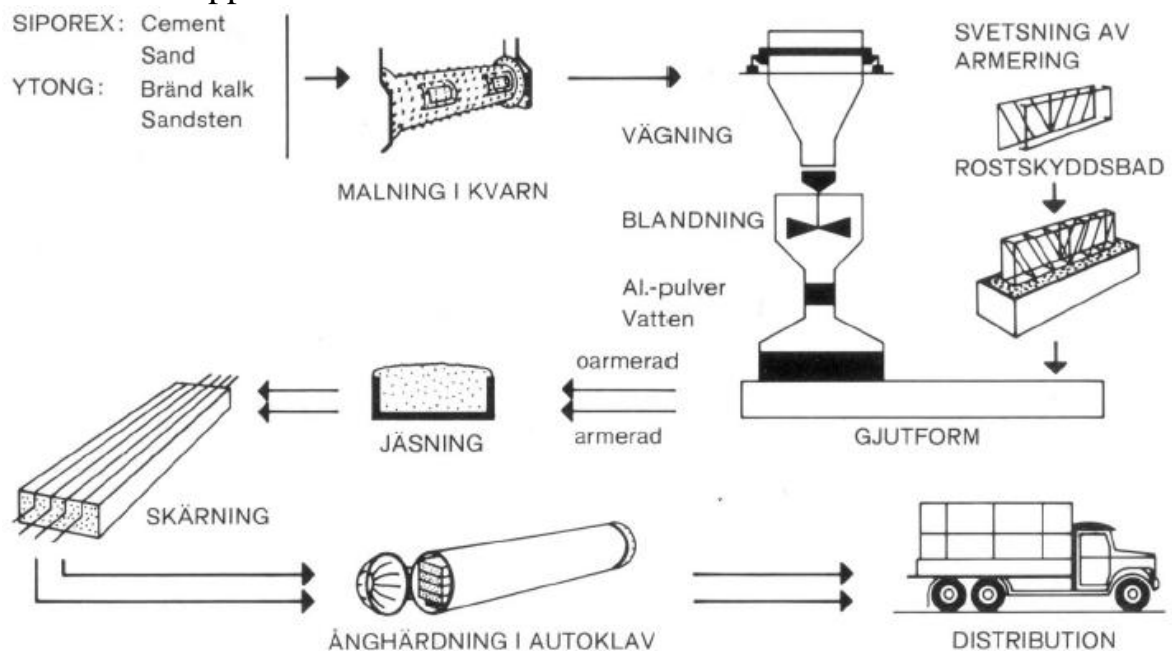
5 Lättbetong

5.1 Historia

Under mitten av 1920-talet uppfann teknologie doktor Axel Eriksson lättbetongen, ett högtycksånghärdat poröst byggnadsmaterial som till början tillverkades av Yxhults Stenhuggeri AB. Produkten består av finmald sand eller sandsten med cement och kalk som bindemedel. Axel Erikssons uppfinning baserades på alunskiffer, alunskiffer innehåller stora halter av uran och avger både gammastrålning och radon (Lättbetonghandboken, s 6). Anledningen till att alunskiffer användes var pga. att skiffen är rik på kol och kunde användas som bränsle vid bränning av den kalk som lättbetongen innehåller (Kjellström, 2008). Lättbetongen som tillverkades i Yxhult hade en nyans av blågrå/blå färg, därav kallades lättbetong för blåbetong. Blåbetong användes främst som mellanväggar och bjälklagsfyllning i hus byggda mellan 1930-1975 (Miljöförvaltningen).

5.2 Tillverkningsprocess

Lättbetong kan tillverkas med två olika utgångsmaterial. Siporex tillverkas med cement och kalk som bindemedel och finmald sand medans Ytong tillverkas med cement, bränd kalk och finmalen sandsten. För att få lättbetongen porös tillsätts aluminiumpulver som verkar som ett jäsmedel, aluminiumpulvret reagerar med vatten och bildar sedan vätgas vilket gör lättbetongen poröst. Det tillsätts även små mängder av kemikalier för de kemiska förloppen.



Figur 14. Tillverkningsprocess av lättbetong. (Källa: Lättbetonghandboken, s 7)

Vid framställning av lättbetong blandas råmaterialen med vatten till en massa med vällingliknande konsistens. Denna massa tappas sedan in i formar för gjutning där den får jäsa upp och stelna. Vid armering av lättbetong placeras armeringen i gjutformen eller så sänks den ned i massan omedelbart efter gjutning. När massan har fått en viss styvhet så skärs eller sågas den till en önskad dimension.

Därefter sker härdningen genom autoklav där massan utsätts för ett högt tryck och temperatur vilket ger lättbetongen dess tryckhållfasthet och volymbeständighet.

Efter autoklaven är lättbetongen helt färdighärdad och några stora ändringar av dess egenskaper behövs inte, lättbetongen kan nu tas i bruk (Lättbetonghandboken, s 7).

5.3 Tekniska egenskaper

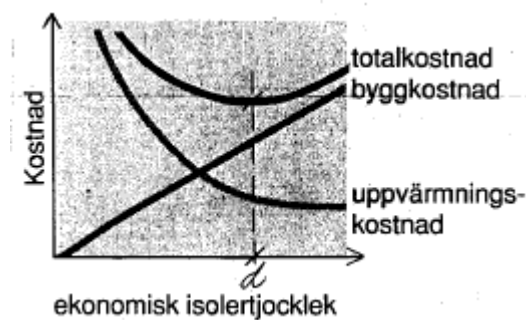
Hållfastheten och värmeisoleringsförmågan för lättbetong beror på hur poröst materialet är. Mindre porositet ger en högre hållfasthet dock en sämre värmeisoleringsförmåga. Nyttillverkad lättbetong innehåller upp till ca 160 kg vatten/m³. Uttorkningshastigheten för materialet beror mest på konstruktionens tjocklek och den omgivande luftens temperatur och fuktighet. Risken för frostsador sammanhänger främst med fuktkvoten. Vid en fuktkvot av mindre än 40 % behöver inga frostsador befaras, där risken ökar ju större fuktkvoten blir. Fuktkvot är definierat som förhållandet mellan vikten vatten i ett material i relation till vikten torrt material.

Lättbetong är ett oorganiskt material som är brandsäkert, smältpunkten för lättbetong sker först vid 1100-1200 °C (Lättbetonghandboken, s 8).

6 Ekonomi

6.1 Ekonomisk isolering

Som det nämndes tidigare i rapporten så måste hänsyn tas till myndigheternas krav på värmegenomgångskoefficienter (U-värdet) då dimensionering av isolering för en byggnad skall ske. Genom att titta långsiktigt för att minimera energibehovet i dagens befintliga byggnader lönar det sig att isolera utöver de krav myndigheterna ställer. På så sätt fås en ekonomisk isolertjocklek samt ett ekonomiskt U-värde. Den ekonomiska isolertjockleken påverkas av energipriset och dess framtida utveckling och dels av produktionskostnaderna. Ju tjockare isolering konstruktionen har desto bättre U-värde fås, detta medför att byggkostnaden ökar och uppvärmningskostnaden minskar. För att få det mest ekonomiska U-värdet i konstruktionen gäller det att bestämma den lägsta totalkostnaden. Totalkostnadskurvan fås genom att addera byggkostnaden och uppvärmningskostnaden för respektive isolertjocklek i konstruktionen (Paroc).



Figur 15. Ekonomisk isolertjocklek. (Källa: Berg, 2008)

6.1.1 BK-metoden

När det gäller att räkna fram det ekonomiska U-värdet måste det tas hänsyn till faktorer som avskrivningstid, ränta, energipriset och dess framtida utveckling, byggkostnader och hur mycket energi som kan besparas. Idag finns flera metoder för att räkna fram den ekonomiska värmeisoleringen, besparingsmetoden är en av dem. Metoden innebär en jämförelse med besparingskostnaden och dagens energipris. Genom att öka isolertjockleken kan besparingskostnaden beräknas, för att åtgärden skall bli lönsam så måste besparingskostnaden vara lägre än dagens energipris.

Besparingskostnaden (BK) kan beräknas enligt formeln:

$$BK = \Delta I / (B \cdot \alpha) \quad \text{kr/kWh}$$

$$\begin{aligned} \Delta I &= \text{ökad investeringskostnad} && \text{kr/m}^2 \\ B &= \text{energibesparingen per år} && \text{kWh/m}^2 \end{aligned}$$

α = Korrigeringsfaktor, beräknas enligt formeln:

$$\alpha = (1-t^n)/(1-t) \quad ; \quad t = (1+q)/(1+r)$$

n = livslängd (år)

q = real energiprisökning

r = önskad real förräntning av investeringen

Med real prisökning och real förräntning menas prisökning respektive förräntning förutom inflationen.

Energibesparningen (B) beräknas enligt formeln:

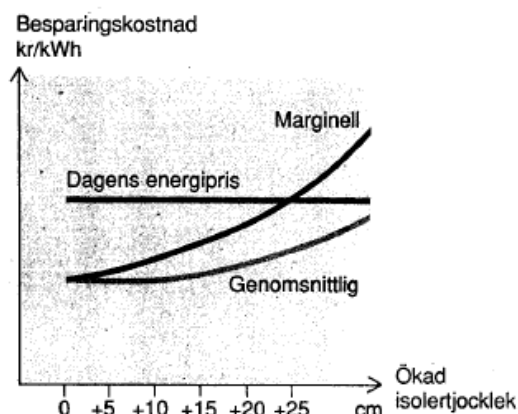
$$B = \Delta U * Q / 1000$$

ΔU = förbättringen av U-värdet $W/m^2 * ^\circ C$

Q = specifika värmebehovet för aktuell ort $^\circ C * h / \text{år}$
(Paroc)

6.1.2 Lönsamhet

I figur 16 ses en beskrivning för den genomsnittliga och marginella besparingskostnaden, det går att se att den ekonomiska nyttan avtar med isolertjockleken. Samtidigt blir den ekonomiska nyttan lönsam då den årliga energiförbrukningen kommer att minska utan några kostnader för åtgärderna. Dock måste de genomsnittliga kostnaderna vara lägre än de marginella om isoleringsåtgärder skall bli lönsamma. Det innebär att den marginella besparingskostnaden måste vara lika med dagens energipris för att uppnå en maximal ekonomisk lönsamhet (Paroc).



Figur 16. Ekonomisk lönsamhet. (Källa: Paroc)

6.2 LCC

LCC står för livscykelkostnad, på engelska Life Cycle Costing.

Livscykelkostnaden är en teknik som används för att uppskatta den totala ägandekostnaden för en produkt. Med ägandekostnad menas de direkta och

indirekta kostnaderna, dvs. kostnaden för inköp och framtida kostnader för drift och underhåll. En LCC-kalkyl gör en jämförelse mellan olika kostnadsbedömningar under en viss tidsperiod, med hänsyn till relevanta ekonomiska faktorer (EU).

Vid inköp av energikrävande produkter är det viktigt att titta på underhållskostnader och energikostnader och inte bara på vilken produkt som är billigast. Ofta är det energikostnaderna under produktens livstid som påverkar totalkostnaden mest och inte investeringskostnaderna. De viktigaste faktorerna för att beräkna en produkts LCC är:

- Energikostnader under produktens livslängd.
- Investeringskostnader för produkten.
- Underhållskostnader för produkten under dess livslängd.

Energi- och underhållskostnader är svåra att förutsäga eftersom variationer i priset kommer att förekomma under åren. För en enklare beräkning kan energi- och underhållskostnader antas ha samma värde varje år. Vid jämförelse mellan kostnaderna går det att använda sig av den så kallade nuvärdemetoden (Energimyndigheten 3).

Boverkets definition av hur en praktisk LCC tillämpas:

”En ekonomisk jämförelse av konkurrerande alternativ som tar hänsyn till alla särskiljande, signifikanta framtida kostnader för ägaren under den relevanta kalkylperioden.”

Definitionen innehåller viktiga ord som:

- Jämförelse av alternativ
Finns det inga andra alternativ då finns det inga andra beslut att ta.
- Signifikant
Endast de kostnader som ger följande inverkan tas med ifall:
 - Noggrannheten påverkas endast marginellt
 - Indatabehovet minskas grundligt
 - Överskådligheten ökar drastiskt
 - Utvärderingsarbetet minskar.
- Framtida kostnader
Innebär i stort sett underhållsinvesteringar och regelbundna kostnader. Förbrukade kostnader tas inte med.
- Särskiljande
Endast de detaljer som skiljer mellan olika produkter bör tas med om de ökar överskådlighet, minskar indatabehov och utvärderingsarbeten.

- Ägare
Ur tillverkarens syn kan vissa kostnader vara försumbara men för ägaren/användaren kan de vara mycket stora.
- Relevant kalkylperiod
LCC behöver inte beräknas för alternativets hela livslängd. Med relevant kalkylperiod menas den tidsperioden som är betydelsefullt.

(Boverket 2)

6.2.1 Nuvärdesmetoden

Nuvärdesmetoden används för att räkna om investeringens alla utbetalningar och eventuella intäkter till ett nuvärde genom att jämföra framtida kostnader med dagens värde. Detta är för att dagens valuta har ett värde idag som kommer att motsvara ett annat värde i framtiden, på så sätt går det att investera dagens valuta på den mest effektiva lösningen för att få en högre avkastning. Alla framtida kostnader för produkten räknas därför om till dagens värde. Hur mycket värdet är beror på hur stor räntesats som väljs för beräkningen, räntesatsen kan därför ha en stor betydelse för den slutgiltiga totalkostnaden (Miljöstyrningsrådet).

För att beräkna nuvärdet (PV) då det finns flera komponenter går det att lägga ihop de olika kostnadskomponenterna.

$$PV = \sum C_{p_x}$$

Nukostnaden (C_p) för en viss kostnadskomponent (C_n) som betalas efter (n) år kan approximativt beräknas på följande sätt:

$$C_p = \frac{C_n}{[1+(i-p)]^n}$$

där

n = antalet år i siffror

p = den förväntade inflationen (prisökningen) per enhet

i = låneräntan per enhet

$i - p$ = den reala kalkylräntan per enhet

C_n = den kostnad som betalas efter n år

C_p = nukostnaden för en enskild kostnadskomponent, C_n

Nuvärdesfaktorn, C_p/C_n , visas i en tabell som funktion av den reala kalkylräntan och antalet år (Energimyndigheten 4).

6.2.2 Teknisk och ekonomisk indata för en LCC-beräkning

- **Livslängd och brukstid**
Ekonomisk livslängd är den uppskattade tiden då åtgärden är ekonomisk att driva. Teknisk livslängd är den tid som en åtgärds tekniska funktioner bibehålls. Brukstid är den uppskattade tiden som en åtgärd kan brukas med hänsyn till ekonomisk och teknisk livslängd.
- **Livslängdsbedömning – kalkylperiod**
Kalkylperioden väljs så att den överensstämmer med åtgärdens livslängd, bestäms oftast efter den ekonomiska livslängden. Den ekonomiska livslängden sätts oftast lite kortare än den tekniskt troliga livslängden för att försäkra sig om lönsamhet.
- **Underhåll**
Regelbundna återkommande arbeten som återställer konstruktionen eller installationens funktioner.
- **Drift**
Åtgärder som upprätthåller funktionen hos ett förvaltningsobjekt.
- **Drift- och underhållskostnader**
Regelbundna återkommande kostnader för komponenten eller systemet för att bibehålla dess funktioner. Dessa kostnader räknar om till nuvärde vid investeringstillfället.
- **Investeringskostnad**
En kostnad på att undvika förbrukning av något idag, som i framtiden kan ge högre avkastning. Investeringskostnaden behöver inte räknas om.
- **Kalkylränta**
Kalkylräntan är ett företags förräntning, dvs. den lönsamma räntan som en företagsinvestering skal förränta. Tillsammans med kalkylperioden har den en stor påverkan på resultatet.
- **Inflation**
Med inflation menas att en vara blir dyrare på grund av att valutan tappar värdet. Inflationen bör hanteras separat

(Boverket 2).

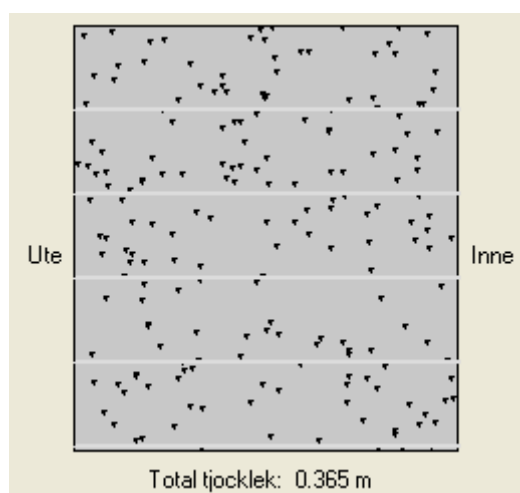
7 Beräkning

Utifrån de förutsättningar som finns görs energiberäkningar på Villa Trift för att komma fram till ett bättre slutresultat som gynnar besparingskostnader och energianvändningen. Analyseringar kommer att göras för de tre olika metoder som visar hur och på vilket sätt stommen påverkas för att göra Villa Trift mer energisnål. Alla energiberäkningar kommer att beräknas i programmet VIP+.

7.1 Metod 1

Metod 1 har utgått från de indata som beställaren kräver. Husets stomme består utav stående lättbetongelement på en isolerad betongplatta på mark. Eftersom stommen består av en homogen lättbetongvägg så innebär det att hela stommen räknas som en köldbrygga. Det innebär att höga krav på inomhus klimatet ställs. Hjärtat i huset är tekniktanken som laddas med värme från solfångarna på taket och från den vattenmantlade kaminen. Taket består av fackverksstolar och vindsbjälklag av trä med lösullsisolering. Det genomsnittliga U-värdet för hela byggnaden ligger på $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Energiberäkningen på Villa Trift redovisas i Bilaga Energiberäkning 1.

Den totala energianvändningen för huset blir i metod 1: 42 kWh/m^2



Figur 17. Tvärsnitt av stomme, Metod 1

7.2 Metod 2

I följande energiberäkning skall all indata behållas från metod 1 och förändringar kommer att göras i stommens konstruktion. Ytterväggstjockleken kommer att förminskas till 150 mm och tilläggsisoleringen kommer att ske med utvändigt isolering med cellplast. Konstruktionsberäkningar för ytterväggen redovisas nedan, all indata som används i beräkningen är hämtade

ur läroboken ”Byggkonstruktion – regel och formelsamling” av Isaksson, T. & Mårtensson, A. Energiberäkning för metod 2 redovisas i bilaga Energiberäkning 2.

Formeln för att räkna ut det mest kostnadseffektiva U-värdet fås ur formel 5.9 från Bo Adamsons kompendium - *Design of Energy efficient buildings with respect to sustainable solutions (2001)*. För att få det mest kostnadseffektiva U-värdet för en vägg är förutsättningen att väggen enbart består av isolering, detta för att formeln endast tar hänsyn till isoleringstjocklek och priset på isoleringen i formeln. Skikten i väggen kommer sedan att ändras men väggen skall fortfarande ha det ekonomiska U-värdet som har blivit framräknat.

$$U_{\text{ekonomisk}} = \sqrt{\frac{\lambda \cdot C \cdot 1000}{p \cdot H \cdot Q}}$$

p = korrigeringsfaktor som tar hänsyn till energiprisökning, livslängd och ränta.

Det mest kostnadseffektiva U-värdet beror på följande parametrar:

- Värmeledningsförmågan i isoleringen (λ)
- Kostnaden för isoleringsmaterialet (C)
- Ränta (r)
- Livslängd, år (n)
- Dagens energipris (H)
- Årlig energikostnadsökning (q)
- Specifika värmebehovet Q

Table 5.4 Present value coefficient $p_{a,e}$ for annual payments in the end of the year.

N Years	Present value coefficient $p_{a,e}$ for the rate of interest $r(\%) =$						
	$r = 2\%$	$r = 4\%$	$r = 6\%$	$r = 8\%$	$r = 10\%$	$r = 12\%$	$r = 14\%$
10	8,98	8,11	7,36	6,71	6,14	5,65	5,22
15	12,85	11,12	9,71	8,56	7,61	6,81	6,14
20	16,35	13,59	11,47	9,82	8,51	7,47	6,62
25	19,52	15,62	12,78	10,67	9,08	7,84	6,87
30	22,40	17,29	13,76	11,26	9,43	8,06	7,00
40	27,36	19,79	15,05	11,92	9,78	8,24	7,11
50	31,42	21,48	15,76	12,33	9,91	8,30	7,13

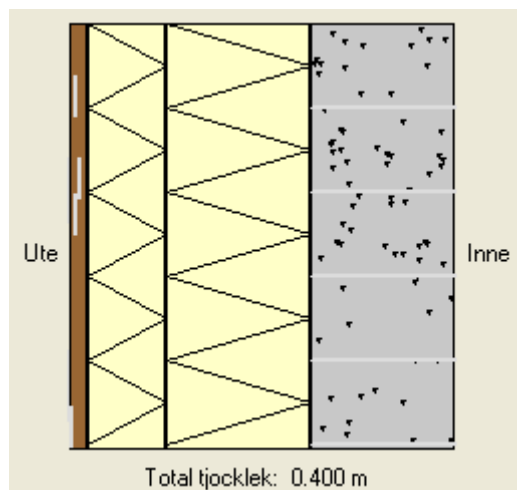
Figur 18. Korrigeringsfaktorn p. (Källa: Adamson, 2001)

Kalkylperiod: 50 år (Oorganiska material, livslängd 50 år)
 Kalkylränta: 6% (Vald efter dagens räntesatser)
 Dagens energipris: 1,18 kr (Pris från vattenfall, 2010-04-13)
 Årlig energiprisökning: 3 % (Värde från statistiska centralbyrån, 2010-05-03)
 Kostnaden för isoleringsmaterialet: 792,7 kr/m³ (Wikells sektionfakta)
 U-värdet för isoleringen: 0,036 W / °C, m² (Wikells sektionfakta)
 Specifika värmebehovet : 105 000 °CH (Bo Adamsons kompendium)
 Korrigeringsfaktorn : 15,76 (Figur 17)

$$U_{\text{ekonomisk}} = \sqrt{\frac{\lambda \cdot C \cdot 1000}{p \cdot H \cdot Q}} = \sqrt{\frac{0,036 \cdot 792,7 \cdot 1000}{15,76 \cdot 1,18 \cdot 105000}} = 0,121 \text{ W / } ^\circ\text{C, m}^2$$

Resultatet för det ekonomiska U-värde blir 0,121 W / °C,m². Väggarna kommer att dimensioneras så att det sammanlagda U-värdet för väggen skall komma så nära det uträknad som möjligt.

Tjockleken på lättbetongväggen väljs till 150 mm, tjockleken på isoleringen blir 230 mm för att U-värdet skall bli optimalt.



Figur 19. Tvärsnitt av stomme, Metod 2

Last från tak

Egentyngd för tak med pannor, takstolar, isolering och grips.

$$G_k = 0,9 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Givet värde från konstruktören: Björn P. Byggkonsult})$$

$$\text{Snölast: } S_k = \mu_2 \cdot C_t \cdot S_o$$

$$\mu_1 = 0,8 \quad \mu_2 = 1,05$$

$$S_o \text{ för Lund är } 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$C_t = 1$$

$$\psi_s = 0,7$$

$$S_k = 1,05 \cdot 1 \cdot 1,5$$

$$S_k = 1,575 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Vindlast: } W_k = \mu \cdot q_k$$

$$V_{\text{ref}} = 25 \text{ m/s}$$

$$h = 5,475 \text{ m}$$

$$\text{Terrängtyp III}$$

$$w = 9,830 \text{ m}$$

$$\psi_w = 0,25$$

$$q_k = 0,62 \text{ kN/m}^2$$

$$h/w = 5,475/9,830$$

$$h/w = 0,56 \Rightarrow \mu = 0,85 \text{ (Figur 1.8)}$$

$$W_k = 0,85 \cdot 0,62$$

$$W_k = 0,527 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionerande lastfall:

Lastkombination 1 enligt BKR tab 2:322a

Snölast huvudlast & vindlast vanlig last

$$q_d = 1,0 \cdot G_k + 1,3 \cdot S_k + 1,0 \cdot \psi_w \cdot W_k$$

$$q_d = 1,0 \cdot 0,9 + 1,3 \cdot 1,575 + 1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,527$$

$$q_d = 3,08 \text{ kN/m}^2$$

Vindlast huvudlast & snölast vanlig last

$$q_d = 1,0 \cdot G_k + 1,3 \cdot W_k + 1,0 \cdot \psi_s \cdot S_k$$

$$q_d = 1,0 \cdot 0,9 + 1,3 \cdot 0,527 + 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,575$$

$$q_d = 2,69 \text{ kN/m}^2$$

Beräkningen visar att den dimensionerande lasten är snölast som huvudlast och vindlast som vanlig last.

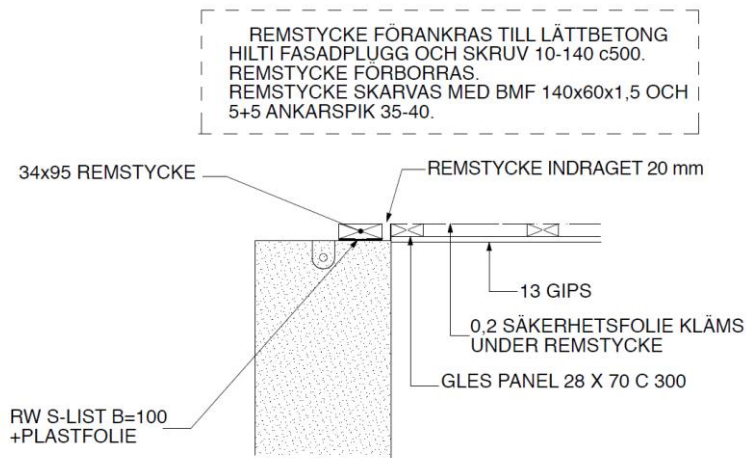
Den totala trycklasten från varje takstol (c/c 1,2 m) blir:

$$N_{\text{rd}} = 3,08 \cdot 1,2 \cdot 6,807$$

$$N_{\text{rd}} = \mathbf{25,2 \text{ kN}}$$

Bärförmåga för lättbetong vid centrisk tryckkraft

Lasten från taket räknas som en centrisk tryckkraft. Trycklasten från taket leds ner centriskt på väggen med hjälp av ett remstycke som placeras i mitten av lättbetongväggen.



DETALJ REMSTYCKE

Figur 20. Remstycke. (Källa: Björn P. Byggkonsult i Skanör.)

Dimensionering av bärförmågan för väggen som en tryckt pelare.

$$N_{rc} = \omega \cdot f_{cc} \cdot A$$

$$b = 0,15 \text{ m}$$

$$h = 2,713 \text{ m}$$

$$f_{cc} = 2 \text{ MPa}$$

$$\text{Slankhetstalet: } \lambda = l_c / i \cdot \pi$$

$$\text{Knäcklängden för väggen: } l_c = \beta \cdot L \text{ (Figur 2.2)}$$

$$l_c = 1,0 \cdot 2,713$$

$$l_c = 2,713 \text{ m}$$

Tvärsnittets tröghetsmoment räknas på följande sätt:

$$I = b \cdot h^3 / 12$$

$$I = 0,15 \cdot 2,713^3 / 12$$

$$I = 0,250 \text{ m}^4$$

Tvärsnittsarean för väggen blir:

$$A = b \cdot h = 0,15 \cdot 2,713 = 0,407 \text{ m}^2$$

Tvärsnittets tröghetsradie fås ut genom formeln:

$$i = (I / A)^{1/2}$$

$$i = (0,25 / 0,407)^{1/2}$$

$$i = 0,78$$

Nu kan slankhetstalet räknas fram som hjälper oss att få fram knäckreduktionsfaktor (ω):

$$\lambda = l_c / i \cdot \pi$$

$$\lambda = 2,713 / 0,78 \cdot \pi$$

$$\lambda = 1,1 \Rightarrow \omega = 0,4 \text{ (Figur 8.2)}$$

Bärförmågan för väggen kan nu räknas fram:

$$N_{rc} = \omega \cdot f_{cc} \cdot A$$

$$N_{rc} = 0,4 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,15 \cdot 2,713$$

$$N_{rc} = \mathbf{325,5 \text{ kN}}$$

Tvärsnittskontroll

Kontroll av dragpåkänningar på lättbetongvägg

$$-N_{rd} / N_{Rc} + M_{rd} / M_{Rc} \leq 0$$

$$e = h/30$$

$$e = 0,04$$

$$\text{där } M_{rd} = N_{rd} \cdot e$$

$$\text{där } h = 1,2 \text{ m}$$

$$M_{rd} = 25,2 \cdot 0,04$$

$$M_{rd} = 1,008 \text{ kN}$$

$$N_{rd} = 25,2 \text{ kN}$$

$$N_{Rc} = 325,5 \text{ kN}$$

$$M_{Rc} = 325,5 / 6$$

$$M_{Rc} = 54,16 \text{ kN}$$

$$-(25,2 / 325,5) + (1,008 / 54,16) \leq 0$$

$$-0,0059 \leq 0 \rightarrow \text{OK!}$$

Lättbetongstommen klarar av ett tryck på 325,5 kN. En last på 25,2 kN från taket ger ingen risk för knäckning pga. slankheten och det föreligger inga dragpåkänningar. Utifrån beräkningarna kan vi nu konstatera att lättbetongstommen med dimensionen 150 mm klarar att bära upp takkonstruktionen utan några problem.

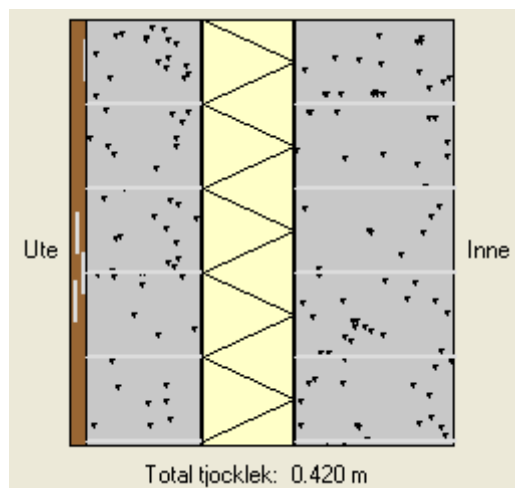
Den totala energianvändningen för huset blir i metod 2: 35 kWh/m²

7.3 Metod 3

I metod 3 används ett prefabricerat sandwichblock av lättbetong istället för att isolera på utsidan. Det ger ett tätt och välisolerat klimatskal som minimerar köldbryggorna i väggen. Sandwichvägg innebär att väggen är uppbyggd av tre

lager där två lättbetongelement omsluter isoleringen. Energiberäkning för metod 3 redovisas i bilaga Energiberäkning 3.

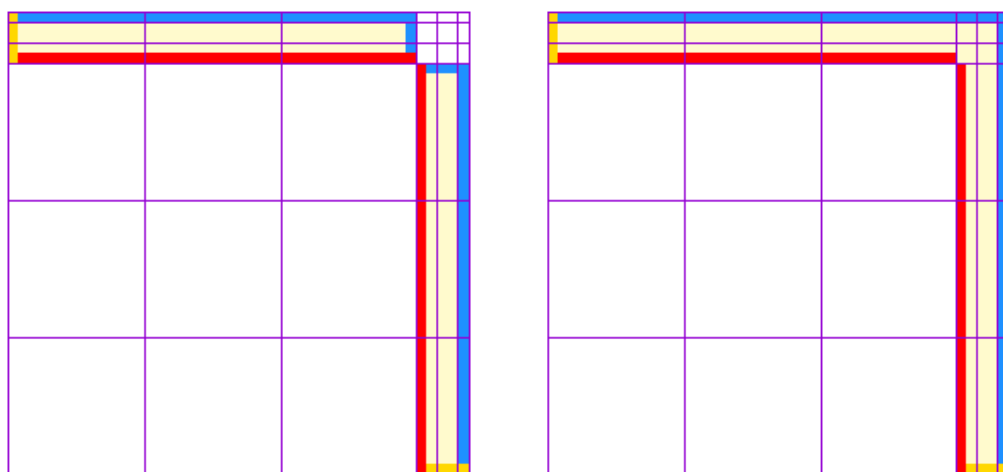
Den totala energianvändningen för huset blir i metod 3: 35 kWh/m²



Figur 21. Tvärsnitt av stomme, Metod 3

8 Köldbryggor

Följande resultat av köldbryggor för samtliga metoder är utförda i Unorm. Unorm är ett program som beräknar köldbryggor genom att jämföra värmeflödet för ett beräkningsfall och ett referensfall. Beräkningsfallet skall likna verkligheten så mycket som möjligt och referensfallet skall likna det fall som U-värdet är beräknat på.

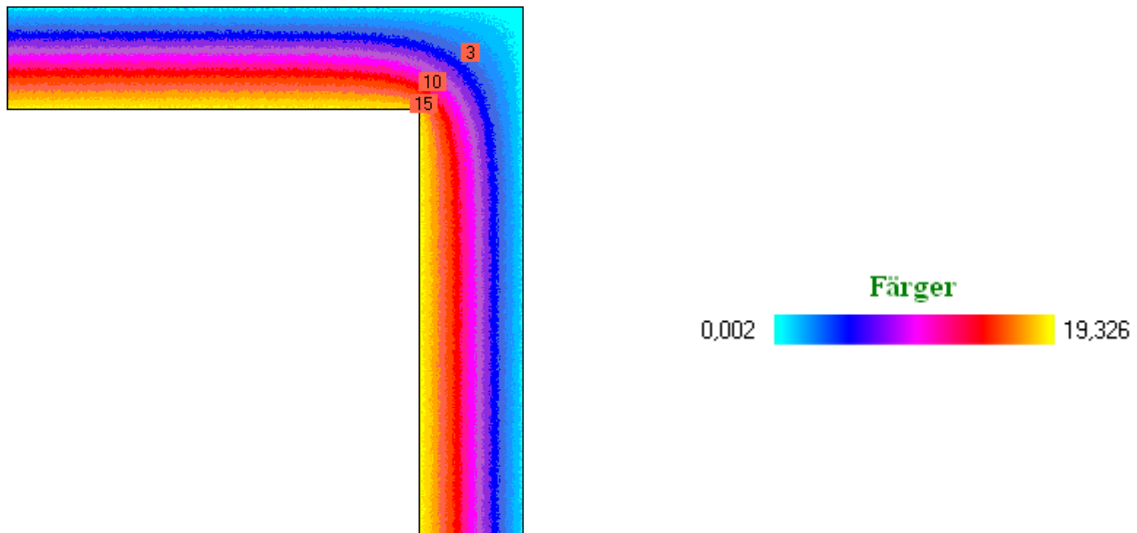


Figur 22. Figur till vänster beskriver referensfallet och figuren till höger beskriver beräkningsfallet.

Beräkningsfallen beskriver temperaturfördelningen och värmeflödestätheten i stommen. Färgskalan visar ett mått på temperaturen i väggen, inomhus temperaturen är 20 °C och utomhus är temperaturen 0 °C. För att se hur stor temperaturskillnaden är i väggkonstruktionen så redovisas 3 olika temperaturer som är fördelade över väggens tjocklek.

8.1 Metod 1

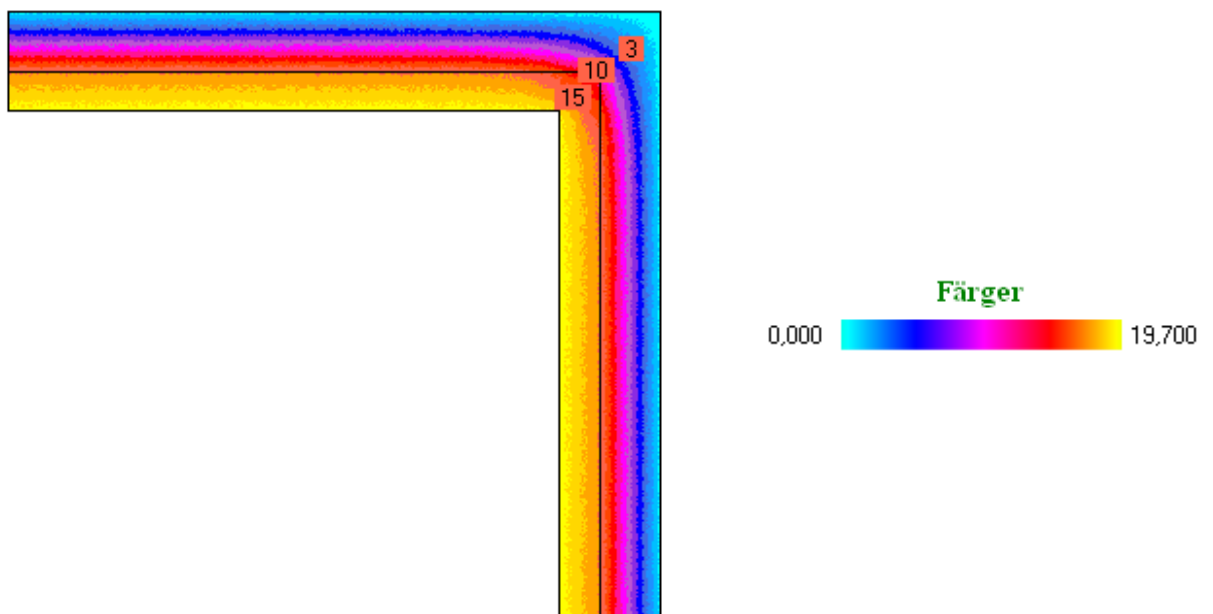
Figur 23 visar att den kalla temperaturen dominerar väggkonstruktionen. Väggen kan därför ses som en köldbrygga där halva tjockleken har en temperatur som är lägre än 10 °C. På grund av att den homogena väggen inte är isolerad så kan kylan tränga sig längre in i konstruktionen.



Figur 23. Temperaturfördelning. Homogen stomme av 365 mm lättbetong.

8.2 Metod 2

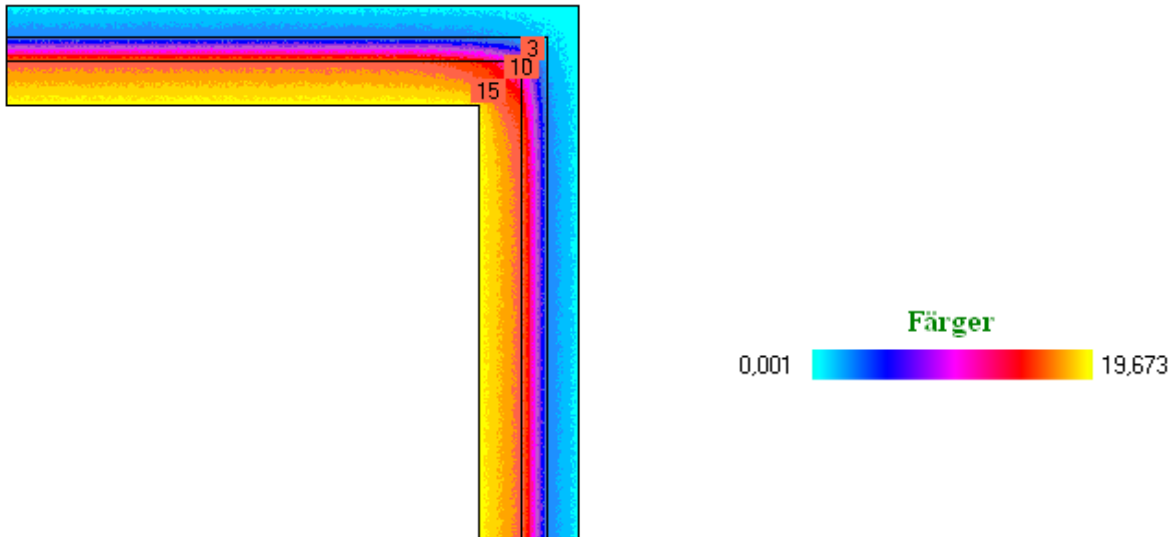
Den största delen av väggen är varm i figur 24 Orsaken till att väggen är varm är att värmeisoleringen minskar köldbryggan pga. dess höga isoleringsförmåga. Den kalla temperaturen avtar tidigt i konstruktionen eftersom isoleringen är placerad utvändigt.



Figur 24. Temperaturfördelning. 230 mm utvändig isolering på 150 mm lättbetong.

8.3 Metod 3

I följande metod är väggen uppbyggd av sandwichblock. I figur 25 är temperaturfördelningen relativt jämn pga. isoleringen som är placerad i mitten av väggen. Insidan av väggen kan hållas varm och torr till skillnad från utsidan som kommer att påverkas för klimatpåfrestningar.



Figur 25. Temperaturfördelning. Sandwichblock av lättbetong och isolering. 125 mm lättbetong – 100 mm isolering – 175 mm lättbetong.

9 LCC Beräkning

Här görs en LCC beräkning enligt nuvärdemetoden för de tre olika metoderna.

Kostnader för byggnadsmaterial, frakt och montering är hämtade från: Wikells sektionsfakta – NYB, 08/09. Sandwichblocket inklusive pris är framtaget av H+H.

För beräkning av kostnader för de tre olika väggarna, se Bilaga Kostnadsberäkning.

Totalkostnaden för de olika väggkonstruktionerna blir:

Metod 1: 177 797 kr

Metod 2: 161 407 kr

Metod 3: 193 063 kr

Indata som använts till LCC'n redovisas nedan:

Kalkylperiod: 50 år (Oorganiska material, livslängd 50 år)

Kalkylränta: 6 % (Vald efter dagens räntesatser)

Årlig inflation: 1.3 % (Värde från statistiska centralbyrån, 2010-05-03)

Dagens energipris: 1,18 kr (Pris från vattenfall, 2010-04-13)

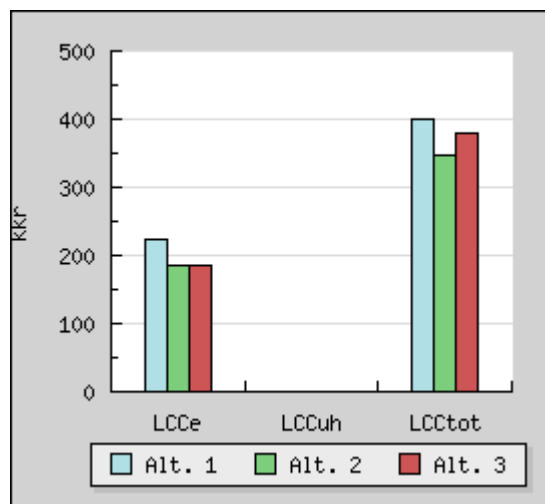
Årlig energiprisökning: 3 % (Värde från statistiska centralbyrån, 2010-05-03)

Fasadarea: 99,8 m²

Uppvärmd golvarea: 132,4 m²

Underhållskostnader har satts till 0 eftersom samma puts har använts för samtliga metoder.

	Metod 1:	Metod 2:	Metod 3:
Investeringskostnad	177 797 kr	161 407 kr	193 063 kr
Årligt energibehov	5 561 kWh	4 634 kWh	4 634 kWh
LCC _{Energi}	222 211 kr	185 169 kr	185 169 kr
LCC _{Underhåll}	0 kr	0 kr	0 kr
LCC_{Total}	400 008 kr	346 576 kr	378 232 kr



Figur 26. Resultat för LCC.

Figur 26 redovisar tabellen ovan i form av ett stapeldiagram. Metod 1 är det dyraste alternativet för både LCC_{energi} och LCC_{total}. Den gröna och den röda stapeln (Metod 2 och 3) har samma energikostnad pga. att vägghonstruktionerna har samma U-värde. Anledningen till att LCC_{total} blir mindre för metod 2 är för att investeringskostnaden är lägre än metod 3.

10 Resultat och analys

I resultatet analyseras och jämförs alla tre metoderna med varandra för att ta fram den mest energieffektiva och ekonomiskt lönsamma väggkonstruktionen.

10.1 Analys ur ett energiperspektiv

I metod 1 räknades husets totala energianvändning fram till 42 kWh/m² år. I beräkningarna användes endast de indata som beställaren har haft, det innebär att de andra alternativen jämförs med metod 1. Det som skiljer metoderna åt är att väggarna har isolerats på olika sätt, det medför att energianvändningen påverkas. Beräkningarna från metod 2 visar att husets totala energianvändning blev 35 kWh/m² år, vilket innebär ett mindre energibehov för uppvärmning av huset till skillnad från metod 1. Resultatet från metod 3 visar att huset förbrukar lika mycket uppvärmningsenergi som i metod 2. Detta beror på att väggkonstruktionerna har nästan samma U-värde även om konstruktionen skiljer sig.

Enligt energiberäkningarna är metod 2 & 3 de mest energieffektiva alternativen för Villa Trift.

10.2 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv

Efter att ha beräknat husets totala energianvändning måste det analyseras för vilken metod som är mest ekonomiskt lönsam. Investeringskostnaden för väggkonstruktionen har en stor betydelse för beställaren, men det måste även tas till hänsyn att energianvändningen kan avgöra totalkostnaden för väggens livstid. På grund av brist på kunskap från beställaren visade det sig att dennes metod på väggkonstruktionen var minst lönsam jämfört med de andra metoderna som har föreslagits. Detta är pga. att det inte tagits stor hänsyn till energikostnaden för väggkonstruktionen. Även om investeringskostnaden för metod 3 blev betydligt dyrare jämfört med metod 1, så blev totalkostnaden ändå mer lönsam i metod 3 eftersom uppvärmningskostnaden blev lägre. Energianvändningen blev lägst för metod 2 vilket resulterar till att metoden också blev billigast att driva. Utifrån LCC beräkningen är metod 2 det mest lönsamma alternativet för Villa Trift.

10.3 Analys av köldbryggor

Eftersom beställarens metod endast består av en homogen lättbetongvägg är köldbryggan störst vid jämförelse mellan de två andra metoderna. Detta är för att lättbetong har en dålig värmeisoleringsförmåga och enligt beräkningarna bör därför en lättbetongvägg isoleras. Den stora skillnaden mellan metod 2

och 3 är att isoleringen är placerad på två olika sätt i väggkonstruktionen. Metod 2 ger det bästa resultatet pga. att isoleringen är utvändig och håller stora delar av lättbetongväggen varm och torr. I metod 3 är isoleringen placerad i mitten av väggkonstruktionen och skyddar endast halva lättbetongstommen från klimatpåfrestningar.

Den största köldbryggan gav beställarens metod vid jämförelse mellan figurerna 23 - 25.

11 Slutsats

Lättbetong har en bra värmeisoleringsförmåga förhållande till dess hållfasthet. Det porösa stenmaterialet är ett bra alternativ att bygga energieffektiva stenhus med. Det är inget krav på att isolera en lättbetongvägg för att få ett energieffektivt hus. Fördelen med isolering på lättbetong är att inomhuskomforten höjs, köldbryggor i väggen minskar och husets energianvändning sänks, detta leder till att uppvärmningskostnader för huset minskar. Väggkonstruktionen kan även bli billigare om väggen isoleras som i metod 2.

12 Källförteckning

12.1 Internet

Abel, E. & Ekberg, L. (2002). *Energieffektivitet*. Tillgängligt internet: <http://www.effektiv.org/pdf_filer/Rapport%202002-01.pdf> (2010-03-09).

Boverket 1. *Lag & Rätt*. Tillgängligt internet: <<http://www.boverket.se/Lag-ratt/>> (2010-03-22)

Boverket 2. *Livscykelekonomi vid planering, byggande och förvaltning*. Tillgängligt internet: <http://www.byggherre.se/documents/Alla_dokument_2008/Projekt/LCC/080312_Rapport_LCC_slutRev.pdf> (2010-03-26)

Energimyndigheten 1. *Värme i villan*. Tillgängligt internet: <<http://webbshop.cm.se/System/ViewResource.aspx?p=Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/StorageItem/7c1f9d13d4c24660b8492251f74e7482/2079.pdf>> (2010-03-11).

Energimyndigheten 2. *Biobränsle – ved och pellets*. Tillgängligt internet: <<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/Biobransle--ved-och-pellets/>> (2010-03-17).

Energimyndigheten 3. *Beräkna LCC*. Tillgängligt internet: <<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Stall-krav-vid-inkop/Livscykelkostnad/>> (2010-03-24)

Energimyndigheten 4. *Beräkna LCC*. Tillgängligt internet: <<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Stall-krav-vid-inkop/Livscykelkostnad/Berakna-LCC/>> (2010-03-24)

Eriksson, P. (2008). *Energismart byggande*. Tillgängligt internet: <http://www.riksdagen.se/webbnav/index.aspx?nid=410&dok_id=GW02C448> (2010-03-10).

Ershammar, S. (2006). *Isolering*. Tillgängligt internet: <<http://www.hallahus.se/stilhistoria/pdf/isolering.pdf>> (2010-03-12),

EU. (European Commission) *Life-Cycle Costing*. Tillgängligt internet: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/competitiveness/life-cycle-costing/index_en.htm> (2010-03-24)

Miljöförvaltningen. *Blad7 Blåbetong*. Tillgängligt internet:
<<http://www.stockholm.se/miljoforvaltningen>> (2010-04-20)

Miljömanualen (2007). *Byggnadens energibalans – Klimatskal*. Tillgängligt internet: <<http://www.miljomanualen.se/dokument/F5.1a.pdf>> (2010-03-10).

Miljöstyrningsrådet. *Livscykelkostnader*. Tillgängligt internet:
<http://www.msr.se/Documents/lcc/msr_lcc_info_080313.pdf> (2010-03-25)

Paroc. *Isolerteori*. Tillgängligt internet:
<http://www.stenull.paroc.se/produkt/dat/pdf_down/Isolteori.pdf> (2010-03-24)

Pecan studio. Tillgängligt internet: <<http://www.novapress.se/pecan/>> (2010-05-07)

SP. (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) Tillgängligt internet:
<http://www.sp.se/sv/index/services/indoor_environment/ventilation/Sidor/default.aspx> (2010-03-18).

Swedisol 1. *Vad är mineralull?* Tillgängligt internet:
<<http://www.swedisol.se/sw319.asp>> (2010-03-15).

Swedisol 2. *Isolerguiden 04*. Tillgängligt internet:
<<http://www.swedisol.se/graphics/Synkron-Library/Documents/pdf/IG04.pdf>> (2010-03-15).

12.2 Litteratur

Adamson, B. (2001). *Design of Energy efficient buildings with respect to sustainable solutions – Technology and economy*. Kompendium

Berg, A. (2008). *Byggteknik – Energieffektivisering*. Stockholm: Lärnö AB

Bokalders, V. & Block, M. (2009) *Byggekologi- Kunskaper för ett hållbart byggande*. Stockholm: Svensk Byggtjänst

Elmroth, A. (2009). *Energihushållning och värmeisolering*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst

Hagentoft, C. (2000). *Tunga byggnader – vilka fördelar har de?* Stockholm: J&W Energi och miljö.

Isaksson, T. & Mårtensson, A. (2007). *Byggkonstruktion – regel och formelsamling*. Malmö: Holmberg i Malmö AB

Kjellström, G. (2008). *Prospektering av alunskiffer, kol, gas & olja i Sverige*. Tillgängligt internet: < <http://www.geonord.org/histgeol/hist2.html> > (2010-04-20)

Lättbetonghandboken (1993). Sundbyberg: Tryckoffset Göran Lindman AB

Torvald, H. (2000). Kompendium i kursen Energiteknik.

13 Bilagor

13.1 Bilaga BBR 16.

9:1² Allmänt

Byggnader ska vara utformade så att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning. (BFS 2006:12).

9:11³ Tillämpningsområde

Dessa regler gäller för alla byggnader med undantag för

- växthus eller motsvarande byggnader som inte skulle kunna användas för sitt ändamål om dessa krav behövde uppfyllas,
- byggnader eller de delar av byggnader som endast används kortare perioder,
- byggnader där inget behov av uppvärmning eller komfortkyla finns under större delen av året och
- byggnader där inget utrymme avses värmas till mer än 10 °C och där behovet av energi för komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi är lågt.

Kraven i avsnitten 9:2, 9:3 och 9:4 behöver inte uppfyllas för byggnader där värmestillskottet från industriella processer inom byggnaden täcker större delen av uppvärmningsbehovet. Detta ska visas genom särskild utredning.

Kraven i avsnitten 9:2, 9:3 och 9:4 gällande elvärme gäller för byggnader med en area som överstiger 50 m² (A_{temp}). För mindre byggnader tillämpas kraven för byggnader med annat uppvärmningssätt än elvärme. (BFS 2008:20).

9:2⁵ Bostäder

Bostäder ska vara utformade så att

- byggnadens specifika energianvändning,
- installerad eleffekt för uppvärmning och
- genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om})

högst uppgår till de värden som anges i tabell 9:2a och 9:2b. (BFS 2008:20).

Tabell 9:2a Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	150	130	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,50	0,50	0,50

(BFS 2008:20).

Tabell 9:2b Bostäder med elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035(A _{temp} - 130)	0,030(A _{temp} - 130)	0,025(A _{temp} - 130)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40

(BFS 2008:20).

Mer elenergi och högre eleffekt än vad som anges i tabell 9:2b kan godtas om särskilda förhållanden föreligger. (BFS 2008:20).

9:21 Klimatskärmens lufttätethet

Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att krav på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls.

(BFS 2008:20).

13.2 Bilaga Kostnadsberäkning

Metod 1					
Kod		Åtgång (m2)	Materialkostnad (kr)	Tid (tim)	UE (kr)
AFH.61	Hakställning (2mån)	1,15			115
LBS.21	Puts	1	204	0,7	
GSE.5	365 Lättbetong	1	698	0,46	
GSE.5	Frakt lättbetong	1	51,65		
			Materialkostnad		953,65
			Arbetslön 1,16 à 170		197,2
			Underentreprenader		115
			Omkostnadspålägg 258 % på arbetslön		508,78
			Omkostnadspålägg 6 % på UE		6,9
			Sektionskostnad exkl moms (kr/m2)		1781,53
			Totalkostnad		177797
Metod 2					
Kod		Åtgång (m2)	Materialkostnad (kr)	Tid (tim)	UE (kr)
AFH.61	Hakställning (2mån)	1,15			115
LBS.21	Puts	1	204	0,7	
IBE.21	80 Cellplast	1	65,5	0,08	
IBE.21	150 Cellplast	1	118,9	0,09	
GSE.5	150 Lättbetong	1	319	0,38	
GSE.5	Frakt Lättbetong	1	27,25		
			Materialkostnad		734,65
			Arbetslön 1,25 à 170		212,5
			Underentreprenader		115
			Omkostnadspålägg 258 % på arbetslön		548,25
			Omkostnadspålägg 6 % på UE		6,9
			Sektionskostnad exkl moms (kr/m2)		1617,3
			Totalkostnad		161407
Metod 3					
Kod		Åtgång (m2)	Materialkostnad (kr)	Tid (tim)	UE (kr)
AFH.61	Hakställning (2mån)	1,15			115
LBS.21	Puts	1	204	0,7	
	Sandwichblock inkl frakt	1	1000	0,3	
			Materialkostnad		1204
			Arbetslön 1 à 170		170
			Underentreprenader		115
			Omkostnadspålägg 258 % på arbetslön		438,6
			Omkostnadspålägg 6 % på UE		6,9
			Sektionskostnad exkl moms (kr/m2)		1934,5
			Totalkostnad		193063

13.3 Bilaga Energiberäkning 1

1 (6)

Beställarens indata

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

Projekt:	Villa Trift	Datum:	2010-04-13
Beskrivning:	Energiberäkning		
Utfört av:	Unknown	Sign:	
Projektfil:	H:\gby07jtr\Examensarbete\Beställarens indata.vip	Företag:	Unknown

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-17 (15:30:03)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet % av klimatdata	S:70 SV:70 V:70 NV:70 N:70 NO:70 O:70 SO:70
Luftryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:15 SV:15 V:15 NV:15 N:15 NO:15 O:15 SO:15 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.00
Vridning av byggnad	0 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	1
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Golvarea	132.4 [m²]
Markegenskap Vämeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Klimatdata

MALMÖ	Latitud	55.6	grader	
	Högsta värde	Medelvärde	Lägsta värde	
Utetemperatur	28.0	8.1	-11.0	°C
Vindhastighet	18.0	5.6	0.0	m/s
Solstrålning global	889.0	111.7	0.0	W/m²
Relativ fuktighet	100.0	79.4	37.0	%

Aktuellt Hus

Bygghelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m²K	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m²K	Delta- U-värde W/m²K	Otätthets- faktor q50 l/s,m²
TAKTYP HAN	TRÄ-14	0.020	0.140	500	2300	0.080	0.010	0.30
	LÖSULL2	0.330	0.042	50	750			
	REGLAR s1200	0.170	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
TAKTYP SNED	TRÄ-14	0.020	0.140	500	2300	0.080	0.010	0.30
	LÖSULL2	0.330	0.042	50	750			
	REGLAR s1200	0.170	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
GOLVTYP ÖH	CELLPLAST36	0.200	0.036	25	1400	0.169	0.010	0.30
	BETONG1.7	0.050	1.700	2300	800			
	BETONG1.7	0.050	1.700	2300	800			
	TRÄ-14	0.020	0.140	500	2300			
100 LBTG	LBTG450.120	0.100	0.098	400	1050	0.840	0.010	0.30
365 LBTG	LBTG400.100	0.365	0.099	400	1050	0.259	0.010	0.30
300 LBTG	LBTG400.100	0.300	0.099	400	1050	0.312	0.010	0.30

Beställarens indata

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

2 (6)

Projekt: Villa Trift Datum: 2010-04-13
 Beskrivning: Energifberäkning
 Utfört av: Unknown Sign:
 Projektfil: H:\gby07jtr\Examensarbete\Beställarens indata.vip Företag: Unknown

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Bygghelstyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angräns- ande temp °C	Andel av effekt- behov %	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
	GOLVTYP ÖH	PPM 0-1 m	47.6m ²	0.0	0.0		0	0.151 W/m ² K
	GOLVTYP ÖH	PPM 1-6 m	84.8m ²	0.0	0.0		0	0.115 W/m ² K
	365 LBTG	NORDOST	28.9m ²	0.0	2.1		0	0.269 W/m ² K
	365 LBTG	SYDOST	23.6m ²	0.0	2.7		0	0.269 W/m ² K
	365 LBTG	SYDVÄST	6.9m ²	0.0	2.5		0	0.269 W/m ² K
	300 LBTG	SYDVÄST	18.0m ²	0.0	2.7		0	0.322 W/m ² K
	365 LBTG	NORDVÄST	22.4m ²	0.0	2.7		0	0.269 W/m ² K
	TAKTYP HAN	TAK	116.5m ²	2.7	2.7		0	0.090 W/m ² K
	TAKTYP SNED	TAK	17.1m ²	2.1	2.5		0	0.090 W/m ² K
	100 LBTG	INNER	86.3m ²					

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Bygghelstyp	Orientering	Area m ²	Glas- andel %	Sol- transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² K	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Otätthets- faktor q50 l/s,m ²	Sol- skydd
	DÖRR	SYDOST	2.1	0	0	0	0.90	0.0	2.1	0.30	
	DÖRR GLAS	SYDVÄST	2.1	0	0	0	1.20	0.0	2.1	0.30	
	3 GLAS ENERGI	NORDOST	4.4	80	53	43	1.20	0.0	1.9	0.30	
	3 GLAS ENERGI	SYDVÄST	14.7	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.30	
	3 GLAS ENERGI	NORDVÄST	3.3	80	53	43	1.20	0.0	2.1	0.30	

Driftdata

Driftfalls- benämning	Verksam- hets- energi rumsluft W/m ²	Verksam- hets- energi rumsluft W/lgh	Verksam- hets- energi extern W/m ²	Fastig- hets- energi rumsluft W/m ²	Fastig- hets- energi extern W/m ²	Person- värme W/m ²	Tapp- varm- vatten W/m ²	Tapp- varm- vatten W/lgh	Högsta rums- temp °C	Lägsta rums- temp °C
BOST 20	2.51	251.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	20.00

Drifttider

Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Dag- nummer	Tid
BOST 20	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregat- benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
FTX	400.00	60.00	400.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100
SPISFLÄKT	400.00	60.00	400.00	60.00	0.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat- benämning	Vecko- dagar	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
FTX					
	MÅND-SÖND	46.40	46.40	1 - 365	0 - 24
SPISFLÄKT					
	MÅND-SÖND	0.00	20.00	1 - 365	16 - 17

Projekt:	Villa Trift	Datum:	2010-04-13
Beskrivning:	Energiberäkning		
Utfört av:	Unknown	Sign:	
Projektfil:	H:\gby07jtr\Examensarbete\Beställarens indata.vip	Företag:	Unknown

Installationssystem

Solfångare

Solfångararea	6.9	[m ²]
Absorptionsfaktor	0.720	[%]
Värmeförlustfaktor 1	2.5000	[W/m ² K]
Värmeförlustfaktor 2	0.0350	[W/m ² K ²]
Södvinkel	42.5	Grader
Lutning	27.0	Grader
Akkumulatorvolym	0.5	[m ³]
Lägsta arbetstemperatur	20.0	[°C]
Högsta arbetstemperatur	90.0	[°C]
Solenergi till uppvärmning av rum	Ja	
Solenergi till uppvärmning av tilluft	Nej	
Solenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja	

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3
El cirkpump värmesystem 0.00 % av energiförsörjning till rum och luft
Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C
Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C
Passiv kyla

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi kWh					Tillförd energi kWh									
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)	
	Transmis-sion	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning	
Mån 1	1221	147	857	354	0	40	656	0	0	14	99	434	1291	46	
Mån 2	1114	142	792	320	0	244	604	0	0	89	89	392	908	42	
Mån 3	1094	126	784	354	0	413	586	0	0	220	99	434	567	46	
Mån 4	940	107	714	343	37	729	460	0	0	331	95	420	71	45	
Mån 5	780	81	598	354	197	828	265	0	0	348	99	434	10	46	
Mån 6	594	56	471	343	285	731	123	0	0	343	95	420	0	45	
Mån 7	526	49	436	354	478	824	83	0	0	354	99	434	0	46	
Mån 8	535	47	433	354	387	743	84	0	0	352	99	434	2	46	
Mån 9	631	64	489	343	126	558	177	0	0	308	95	420	35	45	
Mån 10	720	74	539	354	19	385	325	0	0	205	99	434	186	46	
Mån 11	865	95	632	343	0	151	474	0	0	32	95	420	712	45	
Mån 12	1104	123	785	354	0	17	599	0	0	0	99	434	1173	46	
Summa	10124	1110	7529	4173	1529	5662	4435	0	0	2595	1160	5110	4955	547	

Nyckeltal

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	25.02	42.70	42.70	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	24.79	69.79	69.79	[Wh/m ² °C]

Beställarens indata

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software in Europe AB 2010

4 (6)

Projekt:	Villa Trift	Datum:	2010-04-13
Beskrivning:	Energiberäkning		
Utfört av:	Unknown	Sign:	
Projektfil:	H:\gby07\tr\Examensarbete\Beställarens indata.vip	Företag:	Unknown

Nyckeltal

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Medeltemperatur	20.00	20.00	20.00	[°C]
Medelvärde ventilation	47.23	47.23	47.23	[l/s]
Processenergi medel	4.41	4.41	4.41	[W/m²]
Personvärme medel	1.00	1.00	1.00	[W/m²]
Omslutningsarea		392.40	392.40	[m²]
Luftläckage vid 50 Pa	313.92	117.72	117.72	[l/s]
Invändigt tryck medel	-0.5	-0.7	-0.7	[Pa]
Specifik fläkteffekt	0.0	1.3	1.3	[kW/(m²/s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.96	2.96	2.96	

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.177	0.177	0.272	W/m²K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.209				
Uppvärmning	5502	5502	11237	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.225	0.500	W/m²K
Energianvändning		42	110	kWh/m²
Atemp: 132.4 m²				
Klimatzon BBR12				
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.225	0.500	W/m²K
Energianvändning		42	110	kWh/m²
Atemp: 132.4 m²				
Klimatzon BBR16				
Verksamhetstyp: / Bostad				

Energibalans

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
Avgiven energi						
(23)Transmission	10866	82.07	10124	76.46	10124	76.46
(24)Luftläckage	2850	21.53	1110	8.39	1110	8.39
(21)Ventilation	6979	52.71	7529	56.87	7529	56.87
(28)Spillvatten	4173	31.52	4173	31.52	4173	31.52
(22)Passiv kyla	1437	10.85	1529	11.55	1529	11.55
Tillförd energi						
(27)Solenergi genom fönster	5662	42.77	5662	42.77	5662	42.77
(20)Återvinning ventilation	3136	23.69	4435	33.50	4435	33.50
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(18)Solfångare	0	0.00	2595	19.60	2595	19.60
(45)Processenergi till rum	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(25)Personvärme	1160	8.76	1160	8.76	1160	8.76
(34)Elförsörjning	0	0.00	547	4.13	547	4.13

Beställarens indata

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

5 (6)

Projekt: Villa Trift Datum: 2010-04-13
 Beskrivning: Energiförbrukning
 Utfört av: Unknown Sign:
 Projektfil: H:\gby07jtr\Examensarbete\Beställarens indata.vip Företag: Unknown

Energiförbrukning

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(33)Värmeförsörjning	11237	84.87	4955	37.43	4955	37.43

Specifikation av energiflöden

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(33)VÄRMFÖRSÖRJNING	11237	84.87	4955	37.43	4955	37.43
(1)Ventilationsaggregat	1837	13.87	228	1.72	228	1.72
(2)Värmesystem	5227	39.48	3041	22.97	3041	22.97
(3)Tappvarmvatten	4173	31.52	1887	12.74	1887	12.74
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(49)Kylning i rumsluft	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	0	0.00	547	4.13	547	4.13
(35)Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	0	0.00	271	2.05	271	2.05
(13)Frånluftsfläktar	0	0.00	276	2.08	276	2.08
(15)Cirk.pump värme	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(10)Cirk.pump solf.	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(12)Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(4)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(5)Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(6)Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(38)SOLFÄNGARVÄRME	0	0.00	2595	19.60	2595	19.60
(7)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(8)Värmesystem	0	0.00	109	0.82	109	0.82
(9)Tappvarmvatten	0	0.00	2487	18.78	2487	18.78
(26)PROCESSENERGI	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(40)Verksamhetsenergi rumsluft	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(41)Verksamhetsenergi extern	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(42)VENTILATIONSAGGREGAT	4973	37.56	5210	39.35	5210	39.35
(43)VÄRMESYSTEM	5227	39.48	3149	23.79	3149	23.79
(44)TAPPVARMVATTEN	4173	31.52	4173	31.52	4173	31.52

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi	22131	167.16	20292	153.26	20292	153.26

Beställarens indata

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software in Europe AB 2010

6 (6)

Projekt: Villa Trift
Beskrivning: Energiberäkning

Datum: 2010-04-13

Utfört av: Unknown

Sign:

Projektfil: H:\gby07jtr\Examensarbete\Beställarens
indata.vip

Företag: **Unknown**

Projektanpassad rapport, Specifikation

Avgiven energi=
+1.000 x (21) Ventilation
+1.000 x (22) Passiv kyla
+1.000 x (23) Transmission
+1.000 x (24) Luftläckage
+1.000 x (38) Fjärrkyla
+1.000 x (17) Kondensorkyla

13.4 Bilaga Energiberäkning 2

1 (5)

Metod 2

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

Projekt: Villa Trift
Beskrivning: Energiberäkning

Datum: 2010-04-13

Utfört av: Unknown

Sign:

Projektfil: H:\gby07\tr\Examensarbete\Metod 2.vip

Företag: Unknown

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-17 (15:31:47)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet % av klimatdata	S:70 SV:70 V:70 NV:70 N:70 NO:70 O:70 SO:70
Luftryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:15 SV:15 V:15 NV:15 N:15 NO:15 O:15 SO:15 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.00
Vridning av byggnad	0 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	1
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Golvarea	132.4 [m²]
Markegenskap Vämeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Klimatdata

MALMÖ	Latitud	55.6	grader	
	Högsta värde	Medelvärde	Lägsta värde	
Utetemperatur	26.0	8.1	-11.0	°C
Vindhastighet	18.0	5.6	0.0	m/s
Solstrålning global	869.0	111.7	0.0	W/m²
Relativ fuktighet	100.0	79.4	37.0	%

Aktuellt Hus

Byggdeltstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdeltstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m²K	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m²K	Delta- U-värde W/m²K	Otätthets- faktor q50 l/s,m²
TAKTYP HAN	TRÄ-14	0.020	0.140	500	2300	0.080	0.010	0.30
	LÖSULL2	0.330	0.042	50	750			
	REGLAR s1200	0.170	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
TAKTYP SNED	TRÄ-14	0.020	0.140	500	2300	0.080	0.010	0.30
	LÖSULL2	0.330	0.042	50	750			
	REGLAR s1200	0.170	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
GOLVTYP ÖH	CELLPLAST36	0.200	0.036	25	1400	0.169	0.010	0.30
	BETONG1.7	0.050	1.700	2300	800			
	BETONG1.7	0.050	1.700	2300	800			
	TRÄ-14	0.020	0.140	500	2300			
100 LBTG	LBTG450.120	0.100	0.098	400	1050	0.840	0.010	0.30
NY YTTERVÄGG	KCBRUK	0.020	1.000	1800	800	0.121	0.010	0.30
	CELLPLAST35	0.080	0.035	25	1400			
	CELLPLAST35	0.150	0.035	25	1400			
	LBTG400.100	0.150	0.099	400	1050			

Metod 2

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

2 (5)

Projekt: Villa Trift Datum: 2010-04-13
 Beskrivning: Energifberäkning
 Utfört av: Unknown Sign:
 Projektfil: H:\lgby07jtr\Examensarbete\Metod 2.vip Företag: Unknown

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggnadstyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angränsande temp °C	Andel av effekt- behov %	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
	GOLVTYP ÖH	PPM 0-1 m	47.6m ²	0.0	0.0		0	0.151 W/m ² K
	GOLVTYP ÖH	PPM 1-6 m	84.8m ²	0.0	0.0		0	0.115 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	NORDOST	28.9m ²	0.0	2.1		0	0.131 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	SYDOST	23.8m ²	0.0	2.7		0	0.131 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	SYDVÄST	8.9m ²	0.0	2.5		0	0.131 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	SYDVÄST	18.0m ²	0.0	2.7		0	0.131 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	NORDVÄST	22.4m ²	0.0	2.7		0	0.131 W/m ² K
	TAKTYP HAN	TAK	116.5m ²	2.7	2.7		0	0.090 W/m ² K
	TAKTYP SNED	TAK	17.1m ²	2.1	2.5		0	0.090 W/m ² K
	100 LBTG	INNER	86.3m ²					

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggnadstyp	Orientering	Area m ²	Glas- andel %	Sol- transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² K	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Otätthets- faktor q50 l/s,m ²	Sol- skydd
	DÖRR	SYDOST	2.1	0	0	0	0.90	0.0	2.1	0.30	
	DÖRR GLAS	SYDVÄST	2.1	0	0	0	1.20	0.0	2.1	0.30	
	3 GLAS ENERGI	NORDOST	4.4	80	53	43	1.20	0.0	1.9	0.30	
	3 GLAS ENERGI	SYDVÄST	14.7	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.30	
	3 GLAS ENERGI	NORDVÄST	3.3	80	53	43	1.20	0.0	2.1	0.30	

Driftdata

Driftfalls- benämning	Verksam- hets- energi rumsluft W/m ²	Verksam- hets- energi rumsluft W/lgh	Verksam- hets- energi extern W/m ²	Fastig- hets- energi rumsluft W/m ²	Fastig- hets- energi extern W/m ²	Person- värme W/m ²	Tapp- varm- vatten W/m ²	Tapp- varm- vatten W/lgh	Högsta rums- temp °C	Lägsta rums- temp °C
BOST 20	2.51	251.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	20.00

Drifttider

Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Dag- nummer	Tid
BOST 20	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregat- benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tilluftstemp °C	Utetem Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetem Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
FTX	400.00	60.00	400.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100
SPISFLÄKT	400.00	60.00	400.00	60.00	0.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat- benämning	Vecko- dagar	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
FTX					
	MÅND-SÖND	46.40	46.40	1 - 365	0 - 24
SPISFLÄKT					
	MÅND-SÖND	0.00	20.00	1 - 365	16 - 17

Metod 2

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

3 (5)

Projekt: Villa Trift
Beskrivning: Energiförbrukning

Datum: 2010-04-13

Utfört av: Unknown

Sign:

Projektfil: H:\gby07\trif\Examensarbete\Metod 2.vip

Företag: Unknown

Installationssystem

Solfångare

Solfångararea	6.9	[m ²]
Absorptionsfaktor	0.720	[%]
Värmeförlustfaktor 1	2.5000	[W/m ² K]
Värmeförlustfaktor 2	0.0350	[W/m ² K ²]
Södervinkel	42.5	Grader
Lutning	27.0	Grader
Akkumulatorvolym	0.5	[m ³]
Lägsta arbetstemperatur	20.0	[°C]
Högsta arbetstemperatur	90.0	[°C]
Solenergi till uppvärmning av rum	Ja	
Solenergi till uppvärmning av tilluft	Nej	
Solenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja	

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3

El cirkpump värmesystem 0.00 % av energiförsörjning till rum och luft

Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C

Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Passiv kyla

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi kWh					Tillförd energi kWh									
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)	
	Trans- mis- sion	Luft- läck- age	Venti- lation	Spill- vatten	Passiv kyla	Sol- energi fönster	Åter- vinning vent.	Åter- vinning VP	Åter- vinning tappvv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- försörj- ning	Elför- sörj- ning	
Mån 1	1011	147	857	354	0	40	656	0	0	14	99	434	1082	46	
Mån 2	932	143	794	320	0	244	604	0	0	89	89	392	729	42	
Mån 3	932	128	794	354	0	413	589	0	0	217	99	434	418	46	
Mån 4	835	113	742	343	69	729	463	0	0	328	95	420	38	45	
Mån 5	703	85	619	354	252	828	265	0	0	346	99	434	8	46	
Mån 6	533	58	482	343	335	731	123	0	0	343	95	420	0	45	
Mån 7	470	50	441	354	528	824	83	0	0	354	99	434	0	46	
Mån 8	476	48	439	354	439	743	84	0	0	352	99	434	2	46	
Mån 9	567	68	512	343	160	558	177	0	0	308	95	420	35	45	
Mån 10	644	80	568	354	27	385	325	0	0	205	99	434	155	46	
Mån 11	721	95	634	343	0	151	474	0	0	32	95	420	568	45	
Mån 12	910	123	785	354	0	17	599	0	0	0	99	434	978	46	
Summa	8734	1138	7668	4173	1809	5662	4441	0	0	2589	1180	5110	4014	547	

Nyckeltal

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	25.02	43.01	43.01	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	24.79	44.75	44.75	[Wh/m ² °C]
Medeltemperatur	20.00	20.00	20.00	[°C]

Metod 2

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

4 (5)

Projekt: Villa Trift Datum: 2010-04-13
 Beskrivning: Energiberäkning
 Utfört av: Unknown Sign:
 Projektfil: H:\gby07jtr\Examensarbete\Metod 2.vip Företag: Unknown

Nyckeltal

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Medelvärde ventilation	47.23	47.23	47.23	[l/s]
Processenergi medel	4.41	4.41	4.41	[W/m²]
Personvärme medel	1.00	1.00	1.00	[W/m²]
Omslutningsarea		392.40	392.40	[m²]
Luftläckage vid 50 Pa	313.92	117.72	117.72	[l/s]
Invändigt tryck medel	-0.5	-0.7	-0.7	[Pa]
Specifik fläkteffekt	0.0	1.3	1.3	[kW/(m²/s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.96	2.96	2.96	

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.139	0.139	0.272	W/m²K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.209				
Uppvärmning	4561	4561	11237	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.187	0.500	W/m²K
Energianvändning		34	110	kWh/m²
Atemp: 132.4 m²				
Klimatzon BBR12 SÖDER				
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.187	0.500	W/m²K
Energianvändning		34	110	kWh/m²
Atemp: 132.4 m²				
Klimatzon BBR16 III				
Verksamhetstyp: / Bostad				

Energibalans

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
Avgiven energi						
(23)Transmission	10866	82.07	8734	65.97	8734	65.97
(24)Luftläckage	2850	21.53	1138	8.59	1138	8.59
(21)Ventilation	6979	52.71	7668	57.92	7668	57.92
(28)Spillvatten	4173	31.52	4173	31.52	4173	31.52
(22)Passiv kyla	1437	10.85	1809	13.87	1809	13.87
Tillförd energi						
(27)Solenergi genom fönster	5662	42.77	5662	42.77	5662	42.77
(20)Återvinning ventilation	3136	23.69	4441	33.54	4441	33.54
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(18)Solfångare	0	0.00	2589	19.56	2589	19.56
(45)Processenergi till rum	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(25)Personvärme	1160	8.76	1160	8.76	1160	8.76
(34)Elförsörjning	0	0.00	547	4.13	547	4.13
(33)Värmeförsörjning	11237	84.87	4014	30.32	4014	30.32

Metod 2

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software in Europe AB 2010

5 (5)

Projekt: Villa Trift
Beskrivning: Energiberäkning

Datum: 2010-04-13

Utfört av: Unknown

Sign:

Projektfil: H:\gby07jtr\Examensarbete\Metod 2.vip

Företag: Unknown

Specifikation av energiflöden

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	11237	84.87	4014	30.32	4014	30.32
(1)Ventilationsaggregat	1837	13.87	220	1.66	220	1.66
(2)Värmesystem	5227	39.48	2161	16.32	2161	16.32
(3)Tappvarmvatten	4173	31.52	1633	12.33	1633	12.33
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(49)Kylning i rumsluft	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	0	0.00	547	4.13	547	4.13
(35)Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	0	0.00	271	2.05	271	2.05
(13)Frånluftsfläktar	0	0.00	276	2.08	276	2.08
(15)Cirk.pump värme	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(10)Cirk.pump solf.	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(12)Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(4)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(5)Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(6)Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(36)SOLFÄNGARVÄRME	0	0.00	2589	19.56	2589	19.56
(7)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(8)Värmesystem	0	0.00	48	0.37	48	0.37
(9)Tappvarmvatten	0	0.00	2541	19.19	2541	19.19
(26)PROCESSENERGI	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(40)Verksamhetsenergi rumsluft	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(41)Verksamhetsenergi extern	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(42)VENTILATIONSAGGREGAT	4973	37.56	5208	39.34	5208	39.34
(43)VÄRMESYSTEM	5227	39.48	2209	16.69	2209	16.69
(44)TAPPVARMVATTEN	4173	31.52	4173	31.52	4173	31.52

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi	22131	167.16	19350	146.15	19350	146.15

Projektanpassad rapport, Specifikation

Avgiven energi=
+1.000 x (21) Ventilation
+1.000 x (22) Passiv kyla
+1.000 x (23) Transmission
+1.000 x (24) Luftläckage
+1.000 x (38) Fjärrkyla
+1.000 x (17) Kondensorkyla

13.5 Bilaga Energiberäkning 3

1 (5)

Metod 3

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

Projekt: Villa Trift Datum: 2010-04-13
 Beskrivning: Energiberäkning
 Utfört av: Unknown Sign:
 Projektfil: H:\gby07\tr\Examensarbete\Metod 3.vip Företag: Unknown

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-17 (15:32:54)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet % av klimatdata	S:70 SV:70 V:70 NV:70 N:70 NO:70 O:70 SO:70
Luftryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:15 SV:15 V:15 NV:15 N:15 NO:15 O:15 SO:15 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.00
Vridning av byggnad	0 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	1
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Golvarea	132.4 [m²]
Markegenskap Vämeledningstal: Lera, dränerad sand , dränerat grus.	1.4 [W/m²K]

Klimatdata

MALMÖ	Latitud	55.8	grader	
	Högsta värde	Medelvärde	Lägsta värde	
Utetemperatur	26.0	8.1	-11.0	°C
Vindhastighet	18.0	5.6	0.0	m/s
Solstrålning global	869.0	111.7	0.0	W/m²
Relativ fuktighet	100.0	79.4	37.0	%

Aktuellt Hus

Bygghelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m²K	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m²K	Delta- U-värde W/m²K	Otätthets- faktor q50 l/s,m²
TAKTYP HAN	TRÅ-14	0.020	0.140	500	2300	0.080	0.010	0.30
	LÖSULL2	0.330	0.042	50	750			
	REGLAR s1200	0.170	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
TAKTYP SNED	TRÅ-14	0.020	0.140	500	2300	0.080	0.010	0.30
	LÖSULL2	0.330	0.042	50	750			
	REGLAR s1200	0.170	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
GOLVTYP ÖH	CELLPLAST36	0.200	0.036	25	1400	0.169	0.010	0.30
	BETONG1.7	0.050	1.700	2300	800			
	BETONG1.7	0.050	1.700	2300	800			
	TRÅ-14	0.020	0.140	500	2300			
100 LBTG	LBTG450.120	0.100	0.098	400	1050	0.840	0.010	0.30
NY YTTERVÄGG	KCBRUK	0.020	1.000	1800	800	0.125	0.010	0.30
	LBTG400.100	0.125	0.099	400	1050			
	Kooltherm K3	0.100	0.021	35	1400			
	LBTG400.100	0.175	0.099	400	1050			

Metod 3

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software in Europe AB 2010

2 (5)

Projekt: Villa Trift Datum: 2010-04-13
 Beskrivning: Energiberäkning
 Utfört av: Unknown Sign:
 Projektfil: H:\gby07jtr\Examensarbete\Metod 3.vip Företag: Unknown

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Bygghelstyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angränsande temp °C	Andel av effekt- behov %	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
	GOLVTYP ÖH	PPM 0-1 m	47.6m ²	0.0	0.0		0	0.151 W/m ² K
	GOLVTYP ÖH	PPM 1-6 m	84.8m ²	0.0	0.0		0	0.115 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	NORDOST	28.9m ²	0.0	2.1		0	0.135 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	SYDOST	23.6m ²	0.0	2.7		0	0.135 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	SYDVÄST	6.9m ²	0.0	2.5		0	0.135 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	SYDVÄST	18.0m ²	0.0	2.7		0	0.135 W/m ² K
	NY YTTERVÄGG	NORDVÄST	22.4m ²	0.0	2.7		0	0.135 W/m ² K
	TAKTYP HAN	TAK	116.5m ²	2.7	2.7		0	0.090 W/m ² K
	TAKTYP SNED	TAK	17.1m ²	2.1	2.5		0	0.090 W/m ² K
	100 LBTG	INNER	86.3m ²					

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Bygghelstyp	Orientering	Area m ²	Glas- andel %	Sol- transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² K	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Otätthets- faktor q50 l/s,m ²	Sol- skydd
	DÖRR	SYDOST	2.1	0	0	0	0.90	0.0	2.1	0.30	
	DÖRR GLAS	SYDVÄST	2.1	0	0	0	1.20	0.0	2.1	0.30	
	3 GLAS ENERGI	NORDOST	4.4	80	53	43	1.20	0.0	1.9	0.30	
	3 GLAS ENERGI	SYDVÄST	14.7	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.30	
	3 GLAS ENERGI	NORDVÄST	3.3	80	53	43	1.20	0.0	2.1	0.30	

Driftdata

Driftfalls- benämning	Verksam- hets- energi rumsluft W/m ²	Verksam- hets- energi rumsluft W/lgh	Verksam- hets- energi extern W/m ²	Fastig- hets- energi rumsluft W/m ²	Fastig- hets- energi extern W/m ²	Person- värme W/m ²	Tapp- varm- vatten W/m ²	Tapp- varm- vatten W/lgh	Högsta rums- temp °C	Lägsta rums- temp °C
BOST 20	2.51	251.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	20.00

Drifttider

Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Dag- nummer	Tid
BOST 20	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregat- benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Drift. L °C	Flöde Drift. L %	Utetemp Drift. H °C	Flöde Drift. H %
FTX	400.00	60.00	400.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100
SPISFLÄKT	400.00	60.00	400.00	60.00	0.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat- benämning	Vecko- dagar	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
FTX					
	MÅND-SÖND	46.40	46.40	1 - 365	0 - 24
SPISFLÄKT					
	MÅND-SÖND	0.00	20.00	1 - 365	16 - 17

Metod 3

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

3 (5)

Projekt: Villa Trift
Beskrivning: Energiberäkning

Datum: 2010-04-13

Utfört av: Unknown

Sign:

Projektfil: H:\gby07\tr\Examensarbete\Metod 3.vip

Företag: Unknown

Installationssystem

Solfångare

Solfångararea	6.9	[m ²]
Absorptionsfaktor	0.720	[%]
Värmeförlustfaktor 1	2.5000	[W/m ² K]
Värmeförlustfaktor 2	0.0350	[W/m ² K ²]
Södevinkel	42.5	Grader
Lutning	27.0	Grader
Akkumulatorvolym	0.5	[m ³]
Lägsta arbetstemperatur	20.0	[°C]
Högsta arbetstemperatur	90.0	[°C]
Solenergi till uppvärmning av rum	Ja	
Solenergi till uppvärmning av tilluft	Nej	
Solenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja	

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3

El cirkpump värmesystem 0.00 % av energiförsörjning till rum och luft

Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C

Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Passiv kyla

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi (23)	energi (24)	kWh (21)	(28)	(22)	Tillförd energi (27)	kWh (20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans-mission	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försör-jning	Elför-sörj-ning
Mån 1	1017	147	857	354	0	40	656	0	0	14	99	434	1088	46
Mån 2	938	143	794	320	0	244	604	0	0	89	89	392	734	42
Mån 3	936	128	793	354	0	413	589	0	0	217	99	434	422	46
Mån 4	839	112	741	343	67	729	463	0	0	328	95	420	38	45
Mån 5	707	85	619	354	248	828	265	0	0	346	99	434	8	46
Mån 6	536	58	483	343	331	731	123	0	0	343	95	420	0	45
Mån 7	473	50	442	354	525	824	83	0	0	354	99	434	0	46
Mån 8	479	48	440	354	435	743	84	0	0	352	99	434	2	46
Mån 9	570	68	512	343	157	558	177	0	0	308	95	420	35	45
Mån 10	646	80	567	354	27	385	325	0	0	205	99	434	155	46
Mån 11	725	95	634	343	0	151	474	0	0	32	95	420	572	45
Mån 12	916	123	785	354	0	17	599	0	0	0	99	434	984	46
Summa	8781	1138	7667	4173	1789	5862	4441	0	0	2589	1160	5110	4039	547

Nyckeltal

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	25.02	42.72	42.72	[Wh/m ² C]
Yttre värmekapacitet	24.79	78.94	78.94	[Wh/m ² C]
Medeltemperatur	20.00	20.00	20.00	[°C]

Metod 3

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software in Europe AB 2010

4 (5)

Projekt: Villa Trift
Beskrivning: Energiberäkning

Datum: 2010-04-13

Utfört av: Unknown

Sign:

Projektfil: H:\gby07jtr\Examensarbete\Metod 3.vip

Företag: Unknown

Nyckeltal

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Medelvärde ventilation	47.23	47.23	47.23	[l/s]
Processenergi medel	4.41	4.41	4.41	[W/m²]
Personvärme medel	1.00	1.00	1.00	[W/m²]
Omslutningsarea		392.40	392.40	[m²]
Luftläckage vid 50 Pa	313.92	117.72	117.72	[l/s]
Invändigt tryck medel	-0.5	-0.7	-0.7	[Pa]
Specifik fläkteffekt	0.0	1.3	1.3	[kW/(m²/s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.96	2.96	2.96	

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.140	0.140	0.272	W/m²K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.209				
Uppvärmning	4586	4586	11237	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.188	0.500	W/m²K
Energianvändning		35	110	kWh/m²
Atemp: 132.4 m²				
Klimatzon BBR12	SÖDER			
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.188	0.500	W/m²K
Energianvändning		35	110	kWh/m²
Atemp: 132.4 m²				
Klimatzon BBR16	III			
Verksamhetstyp: / Bostad				

Energibalans

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
Avgiven energi						
(23)Transmission	10866	82.07	8781	66.32	8781	66.32
(24)Luftläckage	2850	21.53	1138	8.59	1138	8.59
(21)Ventilation	6979	52.71	7667	57.91	7667	57.91
(28)Spillvatten	4173	31.52	4173	31.52	4173	31.52
(22)Passiv kyla	1437	10.85	1789	13.51	1789	13.51
Tillförd energi						
(27)Solenergi genom fönster	5662	42.77	5662	42.77	5662	42.77
(20)Återvinning ventilation	3136	23.69	4441	33.54	4441	33.54
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(18)Solfångare	0	0.00	2589	19.56	2589	19.56
(45)Processenergi till rum	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(25)Personvärme	1160	8.76	1160	8.76	1160	8.76
(34)Elförsörjning	0	0.00	547	4.13	547	4.13
(33)Värmeförsörjning	11237	84.87	4039	30.51	4039	30.51

Metod 3

VIP-Energy 1.1.0 © Structural Design Software In Europe AB 2010

5 (5)

Projekt: Villa Trift
Beskrivning: Energiberäkning

Datum: 2010-04-13

Utfört av: Unknown

Sign:

Projektfil: H:\gby07\tr\Examensarbete\Metod 3.vip

Företag: Unknown

Specifikation av energiflöden

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	11237	84.87	4039	30.51	4039	30.51
(1)Ventilationsaggregat	1837	13.87	221	1.67	221	1.67
(2)Värmesystem	5227	39.48	2184	16.50	2184	16.50
(3)Tappvarmvatten	4173	31.52	1635	12.35	1635	12.35
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(48)Kyning i ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(49)Kyning i rumsluft	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	0	0.00	547	4.13	547	4.13
(35)Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	0	0.00	271	2.05	271	2.05
(13)Frånluftsfläktar	0	0.00	276	2.08	276	2.08
(15)Cirk.pump värme	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(10)Cirk.pump solf.	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(12)Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(4)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(5)Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(6)Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00	2589	19.56	2589	19.56
(7)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(8)Värmesystem	0	0.00	50	0.38	50	0.38
(9)Tappvarmvatten	0	0.00	2539	19.18	2539	19.18
(26)PROCESSENERGI	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(40)Verksamhetsenergi rumsluft	5110	38.59	5110	38.59	5110	38.59
(41)Verksamhetsenergi extern	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(42)VENTILATIONSAGGREGAT	4973	37.56	5208	39.34	5208	39.34
(43)VÄRMESYSTEM	5227	39.48	2234	16.88	2234	16.88
(44)TAPPVARMVATTEN	4173	31.52	4173	31.52	4173	31.52

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m ²	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi	22131	167.16	19375	146.34	19375	146.34

Projektanpassad rapport, Specifikation

Avgiven energi=
+1.000 x (21) Ventilation
+1.000 x (22) Passiv kyla
+1.000 x (23) Transmission
+1.000 x (24) Luftläckage
+1.000 x (38) Fjärrkyla
+1.000 x (17) Kondensorkyla